

für meine Eltern

**Beiträge zur Wiederbesiedlung natürlicher, semi-  
natürlicher und künstlicher Rifffsubstrate durch  
Steinkorallen und andere marine Invertebraten**

**Inaugural – Dissertation**

**zur**

**Erlangung des Doktorgrades**

**Dr. rer. nat.**

**des Fachbereichs  
Bio- und Geowissenschaften,  
Landschaftsarchitektur**

**an der**

**Universität Essen**

vorgelegt von

**Peter van Treeck**  
geb. in Essen

September 2001

Die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegenden Experimente wurden am Institut für Ökologie in der Abteilung Hydrobiologie der Universität Essen durchgeführt.

1. Gutachter: Prof. Dr. H. Schuhmacher

2. Gutachter: Prof. Dr. H. Burda

Vorsitzender des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. W. Kuttler

Tag der mündlichen Prüfung: 15.02.2002

“Yet these low, insignificant coral islets stand and are victorious: for here another power, as an antagonist, takes part in the contest. The organic forces separate the atoms of carbonate of lime, one by one, from the foaming breakers, and unite them into a symmetrical structure. Let the hurricane tear up its thousand huge fragments; yet what will that tell against the accumulated labour of myriads of architects work night and day, month after month? Thus do we see the soft and gelatinous body of a polypus, through the agency of the vital laws, conquering the great mechanical power of the waves of an ocean which neither the art of man nor the inanimate works of nature could successfully resist.”

“These Holothuridae, the fish, the numerous burrowing shells, and nereidous worms, which perforate every block of dead coral, must be very efficient agents in producing the fine white mud which lies at the bottom and on the shores of the lagoon.”

(Charles Darwin, April 1836, Voyage of the Beagle)



## Abkürzungen:

ERCON	Electrochemical Reef Construction
SYMARC	symbiontische marine Architektur
EES	elektrochemisch erzeugte Substrate
TF	Testfläche
TFn	Testflächen

## Abkürzungen zur Kennzeichnung der Substratplatten:

B	Betonsubstrat
K	Korallensubstrat
H	horizontale Ausrichtung der Substratplatte
V	vertikale Ausrichtung der Substratplatte
N	nach Norden hin ausgerichtete (vom Licht abgewandte) Substratplatte
S	nach Süden hin ausgerichtete (dem Licht zugewandte) Substratplatte

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Methoden und experimentelles Design</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Besiedlungsexperimente</i></b>	<b>13</b>
2.1.1	Elektrochemisch erzeugte Substrate	13
2.1.1.1	<i>Elektrochemische Mineralakkretion im Meerwasser, Grundlagen</i>	14
2.1.1.2	<i>Anoden: Material, Design und Konstruktion</i>	21
2.1.1.3	<i>Stromversorgung</i>	23
2.1.1.4	<i>Kathoden: Material, Design und Konstruktion</i>	26
	Zylinder (EES Zylinder)	26
	Plattengitter	27
	Formstudien, Hohlkehlen, Konus, Skulptur	28
	Faltenflächen	31
	Modellriff	32
2.1.2	Exposition von künstlichen, natürlichen und semi-natürlichen Substraten	33
2.1.2.1	<i>Plattensubstrate (Beton, Korallenkalk, elektrochemisch erzeugte Substrate)</i>	33
2.1.2.2	<i>Expositionszeiten und Entnahmerhythmik</i>	35
2.1.2.3	<i>Bivalvenklappen als Substrate für Bryozoa</i>	39
<b>2.2</b>	<b><i>Transplantationsexperimente</i></b>	<b>40</b>
2.2.1	Transplantation von adulten Korallenkolonien	40
2.2.2	Transplantation von Korallenfragmenten	42
2.2.3	Modellriff	45
<b>2.3</b>	<b><i>Experimente zum Messung des Weidedrucks auf Riffsubstrate und deren Bioerosion</i></b>	<b>46</b>
2.3.1	Zeitraffervideomonitoring an den Platten in 10mTiefe	46
2.3.2	Messung der Bioerosion von Korallenskelett-Substraten	47

<b>3</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>50</b>
3.1	<i>Das Rote Meer</i>	50
3.2	<i>Der Golf von Aqaba</i>	51
3.3	<i>Die jordanische Küste</i>	52
3.4	<i>Die Riffe bei Aqaba</i>	54
3.5	<i>Die Lage der Versuchsanlagen bei Aqaba</i>	55
<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>57</b>
4.1	<i>Räumliche und zeitliche Muster der benthischen Besiedlung auf den Substratplatten</i>	57
4.1.1	Material	57
4.1.2	Generelle Muster der benthischen Besiedlung	69
4.1.3	Dominanzidentitäten der benthischen Gemeinschaften	72
4.1.4	Kanonische Korrespondenzanalyse der benthischen Gemeinschaften	82
4.2	<i>Besiedlung der EES Zylinder durch Scleractinia</i>	84
4.2.1	Material	84
4.2.2	Steinkoralleninventar auf den EES –Zylindern	84
4.2.3	Vergleich der Proto- Korallengemeinschaften auf den EES- Zylindern	86
4.2.4	Räumliche Muster der Korallenbesiedlung auf den EES- Zylindern	88
4.2.5	Zeitliche Muster der Korallenbesiedlung auf den EES- Zylindern	95
4.3	<i>Besiedlung der EES Zylinder durch Bryozoa</i>	97
4.3.1	Material	97
4.3.2	Zeitliche Muster der Besiedlung durch Bryozoa	99
4.3.3	Räumliche Muster der Besiedlung durch Bryozoa	100
4.3.4	Diskussion	104
4.4	<i>Weideaktivität herbivorer Fische über den Substraten</i>	106
4.4.1	Material	106
4.4.2	Weideaktivitätsmuster ausgewählter Fischfamilien im Tagesgang	106
4.4.3	Substratpräferenzen ausgewählter Fischfamilien	108

<b>4.5</b>	<b><i>Bioerosion von Korallenskelettsubstraten durch Fische</i></b>	<b>111</b>
4.5.1	Material	111
4.5.2	Bioerosion von Korallensubstraten durch Fische	113
4.5.3	Hochrechnung des Materialabtrags durch Fische auf die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	117
4.5.4	Niveau der Bioerosion durch Fische über den Untersuchungszeitraum	118
4.5.5	Zum Einfluß der Bioerosion durch Fische auf das Karbonatbudget des Vorriffareals bei Aqaba	119
<b>4.6</b>	<b><i>Überlebensraten transplanterter Korallenfragmente</i></b>	<b>120</b>
4.6.1	Material und Beobachtungen	120
4.6.2	Überlebensraten transplanterter Korallenfragmente	121
4.6.3	Diskussion	121
<b>5</b>	<b>Synopsis</b>	<b>126</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Abschlussbetrachtung</i></b>	<b>126</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Zur Bedeutung des Steuerungsfaktors „Beweidung“ auf die Ausprägung von Korallengemeinschaften</i></b>	<b>127</b>
5.2.1	Moderate Weideintensitäten als Schlüssel für den Ansiedlungserfolg	128
5.2.2	Prägung von Korallengemeinschaften durch Beweidung	129
<b>5.3</b>	<b><i>Korallenriffe – Regenwälder oder Savannen der Meere?</i></b>	<b>131</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>133</b>
<b>7</b>	<b>Dank</b>	<b>138</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>140</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>153</b>

## 1 Einleitung

"When we pick out anything by itself,  
we find it hitched to everything else in the universe"  
(JOHN MUIR 1911)

Natürliche Absterbe- und Wiederbesiedlungsraten sind ausschlaggebende Kenngrößen der Populationsdynamik riffbildender Korallenbestände.

Von entscheidender Bedeutung hierbei sind die Steuerfaktoren während und nach der Ansiedlung von Steinkorallen (CONNELL 1973, 1985; HARRISON & WALLACE 1990). Von besonderem Interesse ist, welche und wie viele Korallenlarven zum Bodenleben übergehen und unter welchen Ansiedlungsbedingungen sie sich erfolgreich entwickeln können. Diese elementaren Grundprozesse bilden langfristig die Basis für die weitere Dynamik der Rifforganismen und damit der Persistenz des Rifffes überhaupt.

Während die Identifikation und Hierarchisierung der vielzähligen Steuerfaktoren zunächst vornehmlich auf rein wissenschaftlichem Interesse in Annäherung an das "System" Korallenriff fußte (BIRKELAND et al. 1981; BABCOCK 1985, 1988; FITZHARDINGE 1985, 1988; Übersicht bei HARRISON & WALLACE 1990 sowie RICHMOND 1997), rückte die dramatische Verschlechterung des Zustandes vieler rezenter Riffe in den letzten Jahrzehnten die Frage nach den Hauptsteuerungsfaktoren der Wiederbesiedlung in den Focus auch der angewandten Riff-Forschung (GRITTINGS et al. 1988; DONE et al. 1988; RINCKEVICH 1995; GUZMAN 1991; SAMMARCO 1996; YAP 2000). Maßnahmen zum aktiven Riffschutz und zur Riffrehabilitation können nur dann nachhaltig greifen, wenn diese den herrschenden Steuerungsfaktoren nicht zuwider laufen oder die Faktoren im Rahmen der Maßnahme auf ein förderliches Maß hin modifiziert werden können.

Zahlreiche Arbeiten verschiedener Autoren wiesen verschiedene Habitatcharakteristika als Grundbedingungen oder als maßgeblich strukturbildend bei der Neuansiedlung von Korallenlarven aus. Neben abiogenen Faktoren wie Lichtexposition, Substratbeschaffenheit (HIXON & BROSTOFF 1985), Rauigkeit (CARLTON & SAMMARCO 1987), Substratorientierung (BIRKELAND et al. 1981; FITZHARDINGE 1985), Sedimentation (MAGUMI 1985; SCHUHMACHER 1974) wurden auch chemische Oberflächeneigenschaften des Substrates sowie die Bedeutung des mikrobiellen Milieus und hierdurch bedingte Stimuli (MORSE & MORSE 1992) für die Habitatselektion metamorphosebereiter Larven zum Teil artspezifisch differenziert.

Darüber hinaus gab es Hinweise auf Aggregationsverhalten von Korallenplanulae (GOREAU et al. 1981).

Viele dieser Arbeiten betrachteten die Steuerungsfaktoren der Ansiedlung selbst als Superfaktor der Wiederbesiedlung.

Obwohl das Festsetzen einer Korallenlarve zweifellos den Startpunkt einer Neu- oder Wiederbesiedlung markiert, ist die weitere Betrachtung der kritischen Phase bis zur Etablierung einer neuen Kolonie innerhalb einer bestehenden Gemeinschaft aus dem Blickwinkel des Systems Korallenriff von entscheidender Bedeutung.

HARRISON und WALLACE (1990) differenzieren "Besiedlung" mit Bezug auf verschiedene Autoren (KEOGH & DOWES 1982 oder CONNELL 1985) in "Settlement" und "Recruitment".

"Settlement" im Sinne von HARRISON und WALLACE bezeichnet das Festsetzen einer metamorphose-bereiten Korallenlarve auf einem bestimmten Untergrund. Im Gegensatz hierzu beschreibt "recruitment" die Ansiedlungsphase ab der die junge Kolonie als Bestandteil einer neuen oder bereits bestehenden Gemeinschaft sichtbar wird. Dieser Status kann von den meisten Korallenarten etwa acht bis zehn Monate nach dem Festsetzen erreicht werden (HARRISON & WALLACE 1990).

Eine Unterscheidung von "Settlement" und "Recruitment" besonders unter Freilandbedingungen ist nicht immer einfach und hängt nicht zuletzt von der Auflösung der verwendeten Methodik ab. Trotz der Schwierigkeiten ist die Differenzierung notwendig, da nicht nur die relevanten Steuerungsfaktoren unterschiedlich sind, sondern auch die jeweiligen "Akteure".

Beim Festsetzen (Settlement) der Korallenlarve ist die Larve selbst der agierende Part. Jedes Individuum entscheidet aufgrund taktiler, chemischer oder intrinsischer Stimuli ob, und gegebenenfalls wo es sich festsetzt. Nach diesem, in der Regel nicht reversiblen Prozess, sind die Larven den Steuerungsfaktoren an dem jeweiligen Standort ausgeliefert. Veränderungen abiotischer Rahmenparameter, nachträgliches Auftreten von Raumkonkurrenten oder auch Predation entscheiden ab jetzt maßgeblich, ob aus der jungen Kolonie ein Mitglied der Gemeinschaft wird und es so zum "Recruitment" kommt oder nicht.

Für die Betrachtung von Wiederbesiedlungsprozessen ist das erfolgreiche Durchlaufen beider Ansiedlungsstadien erforderlich.

Besonders unter Freilandbedingungen ist "Settlement" ungleich aufwendiger nachzuweisen als "Recruitment". Während erfolgreiches "Recruitment" gleichzeitig die Existenz adäquater Ansiedlungsbedingungen und damit erfolgreiches "Settlement" belegt, ist dies umgekehrt nicht der Fall.

Speziell zum Themenkomplex "Settlement" liegen zahlreiche Laborstudien vor (Übersicht bei HARRISON & WALLACE 1990).

Der Transfer von Ergebnissen aus Laborexperimenten zum „Settlement“ auf rezente Riffgemeinschaften hat teilweise zu Paradigmen geführt, die erst in letzter Zeit auf der Basis von *in situ* Beobachtung relativiert bzw. revidiert werden konnten.

Befunde von Freilanduntersuchungen deuten darauf hin, dass bei der Betrachtung von Wiederbesiedlungsprozessen die Steuerungsfaktoren der unmittelbaren Ansiedlung im Vergleich zu den Post- Ansiedlungsbedingungen überbewertet wurden (MILLER et al. 2000).

Nicht nur durch die Wahl des Untersuchungsgebietes im Riffgebiet bei Aqaba (Jordanien) an der nördlichen Verbreitungsgrenze rezenter Korallenriffe ist die vorliegende Arbeit in das Spannungsfeld traditioneller Betrachtungsweisen und vereinfachender Grundannahmen geraten. So kann beispielsweise angenommen werden, daß in den hohen Breiten des Golfes von Aqaba abiogene Restriktionen (z.B. Wassertemperatur) einem allzeit reichen Larvenangebot entgegenstehen (FISHELSON 1995). Das "allzeit reiche Larvenangebot" ist möglicherweise eine Fiktion, die heute pauschal nicht mehr aufrechtzuerhalten ist (HARRISON & WALLACE 1990). Die Plastizität der Fortpflanzungsstrategien von Steinkorallen, insbesondere die Bedeutung vegetativer Fortpflanzungsmodi besonders in Grenzstandorten wie dem nördlichen Golf von Aqaba (SCHLESINGER & LOYA 1985), sind erst in den letzten Jahren in das Blickfeld der Forschung geraten (BOTHWELL 1981; HUGHES 1999). Diese Fortpflanzungsmodi werden jedoch bei Experimenten mit Besiedlungssubstraten in der Regel nicht abgebildet.

Unter den biogenen Steuerungsfaktoren der Wiederbesiedlung nehmen die Themenkomplexe Raumkonkurrenz und Weidedruck eine herausragende Stellung ein (OGDEN & LOBEL 1978; NEUDECKER 1979; RUSS 1980; MILLER 1982; HATCHER 1983; LEWIS 1986; STENEK 1988). Die Relevanz des Weideverhaltens von Diademseeigeln für die Ausbildung von Protoriffgemeinschaften (SCHUHMACHER 1974, 1977, 1988; SAMMARCO et al. 1974; SAMMARCO 1980, 1982; CARPENTER 1986) wird allgemein kaum in Frage gestellt. Die zusammenfassende Betrachtung kombinierter Effekte durch andere wichtige Weidegänger aus der Gilde der herbivoren Fische wurde selten unternommen (HAY 1984; HAY & TAYLOR 1985)).

Der Einfluß der Ichthyofauna wurde vornehmlich unter dem Aspekt der Bioerosion bearbeitet (z.B. FRYDL & STEARN 1978; BELLWOOD & CHOAT 1990). Andere, primär nicht als Erodierer eingestufte Weidegänger wie z. B. die Acanthuridae betrachtete man meist unter trophischem Aspekt des Biomasseumsatzes in Riffsystemen (vgl. NEUDECKER 1977; MORRISON 1988; BRUGGEMANN 1994).

Obwohl immer wieder Teilaspekte biogener Steuerungsfaktoren detailliert bearbeitet wurden, fehlen bislang weitgehend Versuche, diese zu einem Gesamtgefüge zu integrieren.

Das Zusammenspiel aller Weidegänger formt möglicherweise einen "Superfaktor", der potentiell eine Reihe anderer biogener und abiogener Faktoren überdeckt (VAN DEN HOEK & BREEMANN 1978; CARLTON & SAMMARCO 1987) und in vielfältiger Weise elementare Prozesse der Riffdynamik entscheidend mitgestaltet (CHAZOTTES et al. 1995; SAMMARCO 1996).

Die Palette der Prozesse, die direkt oder indirekt durch Beweidung beeinflusst werden, reicht vom Ansiedlungserfolg benthischer Organismen - und damit langfristig der Artenzusammensetzung und Struktur der Riffgemeinschaft - über die Bioerosion von Rifffsubstraten und Modifikation Ihrer Topographie bis zum Karbonatbudget und damit zum Persistenzpotential von Rifffkomplexen im Allgemeinen. Folgt man dieser Argumentation in Hinblick auf sekundäre Implikationen, beispielsweise Veränderungen der Rifffstruktur und damit der Kleinhabitate für typische Rifffbewohner, wird zum einen die Komplexität des Systems Korallenriff offenbar. Andererseits zeigt sich die Unmöglichkeit, einzelne Faktoren isoliert zu betrachten oder diese verbindlich zu bewerten.

Erfahrungsgrundlage für die Ansiedlungsexperimente auf Harts substraten waren Langzeitbeobachtungen von SCHUHMACHER an Granitblöcken (Hafenmolen) bei Eilat sowie an elektrochemisch erzeugten Präzipitaten bei Calvi (Korsika) (SCHUHMACHER & SCHILLAK 1994). SCHUHMACHER konnte zeigen, dass unweit des hier vorgestellten Untersuchungsgebietes bei Eilat, noch wenige Jahre vor Beginn der hier vorliegenden Untersuchung die Spontanbesiedlung freier Substratflächen innerhalb von Jahresfrist den Status einer Protorifffgemeinschaft erreichen konnte und so in vergleichsweise kurzer Zeit die Untersuchung der Interaktionen zwischen den Besiedlern zulassen würde (SCHUHMACHER 1974, 1977, 1988).

Die rasche Besiedlung elektrochemisch erzeugten Krusten im Mittelmeer (SCHUHMACHER & SCHILLAK 1994) nährte die Erwartung, daß auf diesem neuartigen Substrat im Roten Meer in wenigen Jahren ebenfalls eine diverse, rifftypische Besiedlung erfolgen würde.

Während die Bedeutung des Weidedrucks durch Diademseeigel bekannt und bei der Konzeption der Experimente berücksichtigt wurde (SCHUHMACHER 1974, KROLL in DULLO et al. 1995), war die Bedeutung weidender Fische in diesem Rifffgebiet bislang nicht bearbeitet und somit weitgehend unbekannt. Sowohl die Versuche zur Langzeitdynamik von Korallengemeinschaften (MERGNER et al. 1994), als auch die Phänologie der betreffenden Rifffabschnitte (MERGNER & SCHUHMACHER 1974; MERGNER & SCHUHMACHER 1981; SCHUHMACHER & MERGNER 1985) zeigten keine Hinweise auf die herausragende Bedeutung des Steuerungsfaktors "Fischfraß" für das betreffende Untersuchungsgebiet. Dies mag nicht zuletzt an dem ambivalenten Charakter des Faktors Weidedruck liegen.

Die Beweidung von kurzfädigen Algen durch Fische oder Echinodermen und die hierdurch geschaffenen Freiflächen sind zweifellos Bedingung für die erfolgreiche



Ansiedlung von gerüstbildenden Steinkorallen und damit für den Fortbestand rezenter Riffe (z.B. OGDEN & PHILIP 1978, LIDDLE & OHLHORST 1986). Dieser den Riffaufbau fördernde Einfluß wird aber mit steigender Weideaktivität relativiert, da beim Weiden quasi unbeabsichtigt auch die Larven von Benthosorganismen mit abgeweidet werden. Das Wechselspiel hemmender bzw. förderlicher Einflüsse von Beweidung bei der Strukturierung von Korallengemeinschaften scheint nur unter Berücksichtigung der Weideintensität abschätzbar zu sein (VAN TREECK et al. 1996).

Die vorliegende Untersuchung setzt bei der Wiederbesiedlung von Riffsubstraten durch Steinkorallen an und geht den Hinweisen zur Bedeutung des Steuerungsfaktors Beweidung nach, soweit dies im gesteckten Rahmen möglich war.

Die vorliegende Arbeit als Essenz von mehr als 5 Jahren Freilandarbeit stellt daher ein Mosaik verschiedener Teilaspekte vor, deren Ergebnisse, gemeinsam betrachtet, einen Beitrag leisten, bislang schwer erklärbaren Phänomene der Rifforschung aus einer neuen Perspektive zu betrachten.

## 2 Methoden und experimentelles Design

Die vorliegende Untersuchung umfaßt drei thematische Schwerpunkte. Das Kernstück des experimentellen Designs bilden Versuche zur Spontanbesiedlung künstlicher, semi-natürlicher und natürlicher Substrate durch Steinkorallen und andere benthische Invertebraten. Im Verlauf der Bearbeitung wurden die Freilanduntersuchungen um Experimente zur Transplantation von Steinkorallen und um Versuche zur Quantifizierung des Weidedrucks auf Riffsubstrate sowie deren Bioerosion erweitert.

### 2.1 Besiedlungsexperimente

Die Besiedlungsexperimente umfassten zwei Hauptaspekte:

1. Die Weiterentwicklung und *in situ* Erprobung eines neuartigen Verfahrens zur elektrochemischen Erzeugung von Karbonatstrukturen sowie deren Besiedlung durch Steinkorallen.
2. Die simultane Exposition dieser elektrochemisch erzeugten Substrate und "klassischer" Substrattypen unter Berücksichtigung unterschiedlicher abiotischer Gradienten.

#### 2.1.1 Elektrochemisch erzeugte Substrate (EES)

Elektrolytische Prozesse können genutzt werden, um selektiv bestimmte Inhaltsstoffe aus dem Elektrolyten abzuscheiden. Phänomene der mineralischen Deckschichtbildung wurden schon früh bei Versuchen zum kathodischen Korrosionsschutz beschrieben (DAVY 1825). Das Hauptinteresse der Forschungen lag zumeist in der Erzeugung einer möglichst stabilen, gut haftenden Deckschicht zur Reduzierung des erforderlichen Schutzstrombedarfs (ENGELL & FORCHHAMMER 1965). Entsprechend beschränkten sich die Untersuchungen auf Anwendungen mit geringen Stromdichten, wie sie im kathodischen Korrosionsschutz üblich sind. HILBERTZ und Mitarbeiter begannen Ende der 70er Jahre die Nutzung dieser Prozesse zur Erzeugung von Strukturen im konstruktiven Bereich zu untersuchen (HILBERTZ et al. 1977; 1995; HILBERTZ 1981 A + B, 1988, 1992).

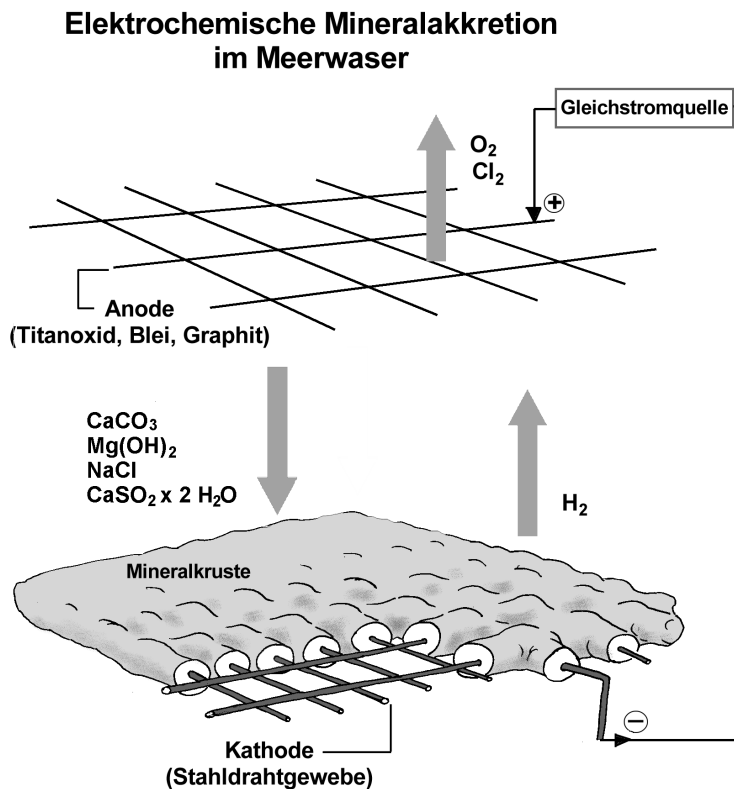
Seit 1985 beteiligte sich die meeresbiologische Arbeitsgruppe der Universität Essen unter Leitung von Prof. H. Schuhmacher an der Erforschung der Nutzung elektrochemisch erzeugter Strukturen für künstliche Riffe und als künstliches Substrat für marine Invertebraten. Die vielversprechenden Ergebnisse der Arbeiten von Schuhmacher im Mittelmeer vor der Küste Korsikas bei Calvi (Projekte Symarc III und IV) (BUBNER et al. 1988, MEYER & SCHUHMACHER 1993, SCHUHMACHER & SCHILLAK 1994) lieferten die Grundlage für die Weiterentwicklung der Technologie im tropischen Milieu.

Zur Abgrenzung dieser neuen Technologie von herkömmlichen Methoden zur Erstellung von künstlichen Riffstrukturen wurde der Begriff **Electrochemical Reef Construction (ERCON)** geprägt.

### 2.1.1.1 Elektrochemische Mineralakkretion im Meerwasser: Grundlagen

Natürliches Meerwasser stellt ein komplexes Gemisch aus gelösten Salzen, Spurenelementen und organischen Verbindungen in einer wässrigen Lösung dar. Die Kationen von Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium sowie die Chlorid- und Sulfat- Anionen stellen über 99,5% der Gesamtmasse anorganischer Wasserinhaltsstoffe (WHITFIELD 1975). Die Untersuchungen von DITTMAR (1884) während der Challenger Expedition ergaben, daß das Verhältnis der neun Hauptinhaltsstoffe in den Weltmeeren nur innerhalb sehr enger Grenzen variiert. Unter gleichen Temperatur- und Druckbedingungen ließen sich somit prinzipiell im Meerwasser aller Ozeane elektrochemische Mineralabscheidungen erzielen.

Gleichwohl unterscheiden sich die marinen Provinzen auch kleinräumig in der Zusammensetzung der restlichen Meerwasserinhaltsstoffe. Einige dieser Stoffe, wie beispielsweise Karbonatanionen, sind an den Reaktionen zur kathodischen Präzipitation beteiligt, andere agieren inhibitorisch in Bezug auf Kristallbildung wie beispielsweise Phosphat (SIMKISS 1964).

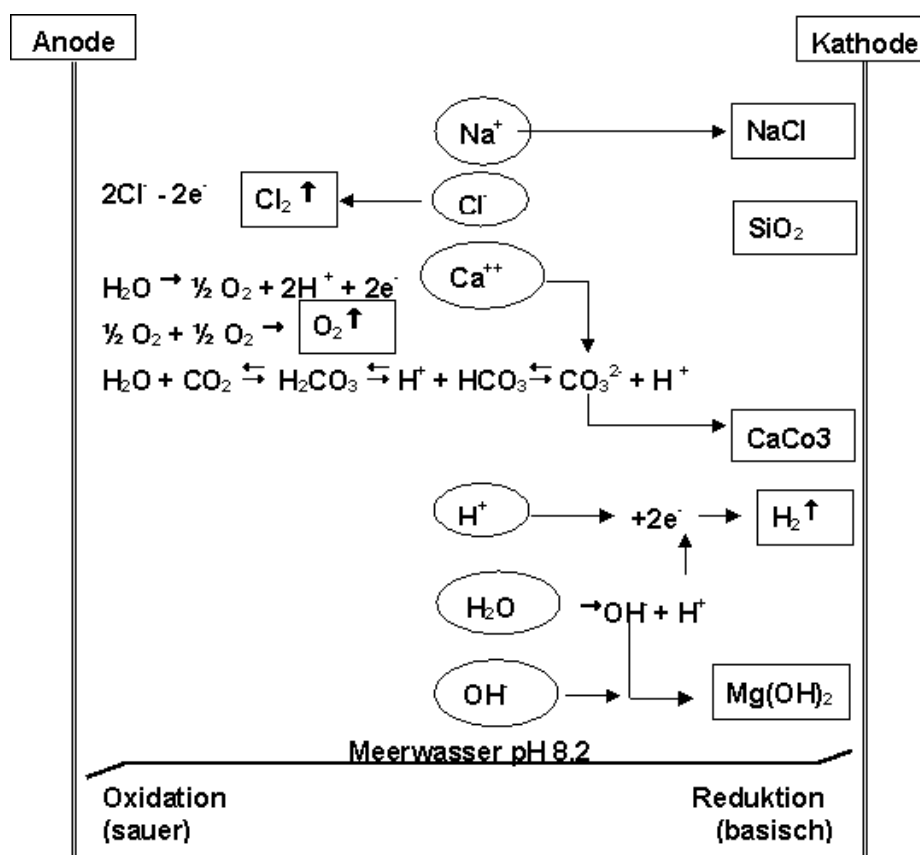


**Abbildung 1:**  
Schematische Darstellung des Verhaltens der wichtigsten Stoffkomponenten bei der kathodischen Mineralakkretion.

Die komplexe anorganische Chemie des Meerwassers bedingt, dass bis heute Versuchsergebnisse in der Regel von den theoretisch zu erwartenden Befunden abweichen. Ergebnisse mit vereinfachten Elektrolytgemischen im Labor bilden die Bedingungen *in situ* nur näherungsweise ab (vgl. MENZEL 1988).

Die folgende Beschreibung der kathodischen Präzipitation von Mineralsalzen auf einer konduktiven Matrix bedient sich eines vereinfachten Modells, welches die experimentell gewonnenen Befunde hinlänglich erklärt, ohne den Anspruch, die komplizierten chemisch- physikalischen Prozesse *in toto* erklären zu wollen.

Durch Anlegen eines Gleichstromes an geeignet geformte Elektroden können im Meerwasser gelöste Mineralsalze auf der Kathode zur Abscheidung gebracht werden. Prinzipiell werden Anionen an der Anode oxidiert und Kationen an der Kathode reduziert. Für das System Meerwasser resultiert daraus die Entwicklung von elementarem Wasserstoff an der Kathode und von Chlorgas und Sauerstoff an der Anode. Die Abscheidung von Kalzium- und Magnesiummineralkrusten ist jedoch keine Elektrodenreaktion sondern die Folge der Wandalkalisierung kathodisch polarisierter Metalloberflächen.



**Abbildung 2:**

Schema der Elektroden- und Niederschlagsreaktionen bei der kathodischen Mineralakkretion (verändert nach HILBERTZ 1981)

Durch die Reduktion von Hydroniumionen zu elementarem Wasserstoff verschiebt sich der pH- Wert in unmittelbarer Kathodennähe in den alkalischen Bereich. Die Hauptkrustenbildner (Magnesiumhydroxid ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) und Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ))

zeigen bei ansteigendem pH- Wert eine abnehmende Löslichkeit. Das Löslichkeitsprodukt von Kalziumkarbonat und Magnesiumhydroxid wird überschritten und es kommt zur Deckschichtbildung. Meerwasser ist in Bezug auf Karbonat (Hydrogenkarbonat) in der Regel gesättigt bzw. sogar supersaturiert. Karbonat kann daher durch geringe pH- Verschiebungen in den alkalischen Bereich zur Ausfällung gebracht werden. Unter Standardbedingungen (Meerwasser bei 20°C, 1Atm) fällt  $\text{CaCO}_3$  bei pH- Werten über 8,7 aus, Magnesiumhydroxid ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) ab pH- Werten > 9,7 (MENZEL 1988).

Die guten Puffereigenschaften von Seewasser bedingen die lokale Ausfällung in unmittelbarer Kathodennähe, d. h. auf der Kathodenoberfläche selbst.

Neben den Kalziumkarbonaten in der Kristallisationsform des Calcites und des Arragonites und Magnesiumhydroxid (Brucit) entstehen auch Magnesium-haltige Kalzite, Dolomite und Halit.

Vornehmlich bei hohen Stromdichten und den dadurch erzeugten starken Verschiebungen des pH- Wertes in den alkalischen Bereich entstehen große Anteile an Brucit. Dies gilt es durch geschickte Steuerung des Stromregimes zu vermeiden, da Brucit aufgrund seiner lammellär-amorphen Struktur mechanisch nur gering belastbar und zudem im Meerwasser nur bedingt stabil ist. Die hohe Alkalinität von Brucit macht dieses Material zudem zu einem besiedlungsfeindlichen Material und ist somit als Siedlungssubstrat eher unbrauchbar.

Steuernder Parameter für die Mineralabscheidung ist das Oberflächenpotential der kathodisch geschalteten Stahloberfläche. Für Stahloberflächen in Meerwasser gilt, dass etwa ab einem kathodischen Oberflächenpotential > -980 mV Deckschichtbildung auftritt. Dieser Wert kann als kritisches Mindestpotential angesehen werden, welches geringfügig oberhalb dem allgemein üblichen Schutzstrompotentials (-900mV) liegt, mit dem Stahlkonstruktionen beim kathodischen Korrosionsschutz beaufschlagt werden. Die Mineralabscheidungsraten waren bei potentiostatischen Versuchen jedoch sehr gering (MENZEL 1988). Potentiale von -1150 mV ergaben bereits bis zu 300 fach höhere Abscheidungsraten. Potentiale negativer als -1200 mV ergaben keine stabilen Schichten mehr, Das abgeschiedenen Material bestand überwiegend aus lamellärem Brucit. Stromdichten und Kathodenpotentiale müssen demnach so eingestellt werden, dass die Wandalkalisierung das kritische Mindestpotential (etwa -980 mV) überschreitet ohne jedoch in die Bereiche starker Brucit ausfällungen zu geraten (ab etwa -1200 mV). Angestrebt werden Potentiale von etwa -1100 mV.

Im Gegensatz zu Laborversuchen lassen sich die Kathodenpotentiale bei Freilandversuchen nicht ohne weiteres bestimmen. Die *in situ*- Messung des Kathodenpotentials mit Referenzelektroden (präzise Kalumel- oder

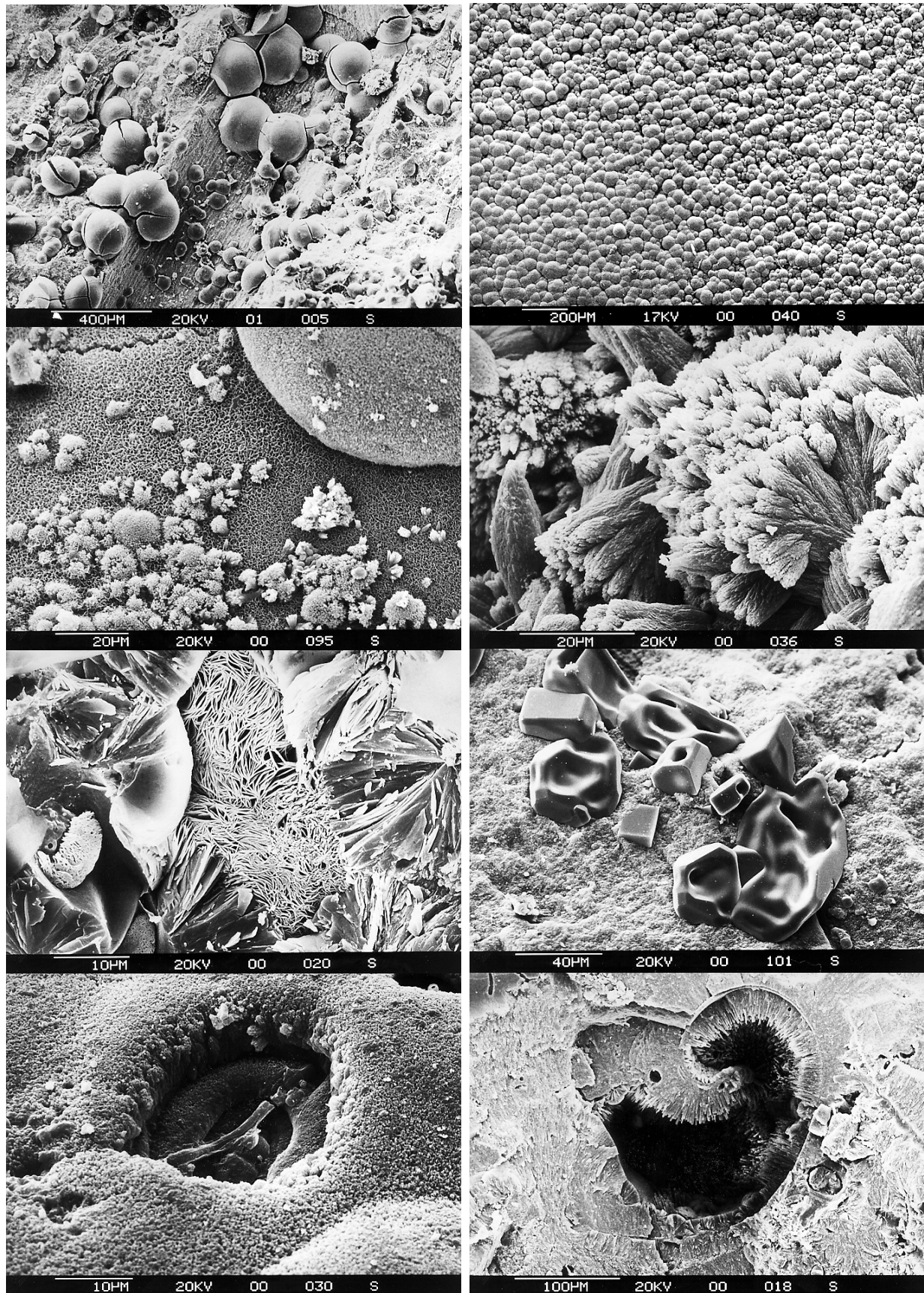
Wasserstoffelektroden) sind in der Regel nicht möglich und nachzuschaltende Regelelektronik ist zudem sehr teuer.

Die Freilandversuche der vorliegenden Arbeit wurden deshalb anhand von Erfahrungswerten galvanostatisch gefahren. Nach Beobachtung der Mineralabscheidung wurden die Stromdichten von Hand nachgeregelt.

Für die Abscheidungsrate ist die treibende Spannung nur von untergeordneter Bedeutung. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Spannungsverluste infolge der Leitungswiderstände in den Zuleitungskabeln unter Umständen Größenordnungen erreichen, die im Bereich der angelegten Spannung liegen. Im Sinne einer optimalen Nutzung der elektrischen Energie ist es daher sinnvoll, die Spannung so vorzuwählen, daß nach Abzug des Leitungswiderstandes eine treibende Spannung an den Elektroden verbleibt. Größere Kabellängen erfordern höhere Spannungen bzw. größere Kabelquerschnitte. Der Elektrodenabstand ist aufgrund der guten Leitfähigkeit des Elektrolyten ebenfalls nicht obligat kritisch, obwohl mit dem Abstand zwischen den Elektroden auch der Widerstand ansteigt. Bei der Installation wurde darauf geachtet, den Abstand zwischen den Elektroden zu minimieren, ohne daß jedoch Salzsäure  $\text{HCl}$  ( $\text{Cl}_2$  Entwicklung an der Anode) von der Anode in Richtung der Kathode verdriftet wird. Wichtiger ist die Erzeugung eines homogenen Feldes, da sonst auf der Kathode lokal sehr hohe Ladungsdichten entstehen und der gewünschte pH- Bereich an diesen Stellen überschritten wird und vornehmlich Brucit präzipitiert. Hilbertz beschreibt in seiner Patentschrift (HILBERTZ 1981 A) eine pH- Erhöhung von 0,1 über das Umgebungsmillieu als ausreichend. Nach Menzel (1988) fällt Kalziumkarbonat jedoch erst bei pH 8.7 aus (Brucit erst ab pH >9) und wäre somit bei dieser pH- Erhöhung noch nicht zur Abscheidung zu bringen. Die Beobachtung der Akkretion während der vorliegenden Untersuchungen sowie die Analyse der Mineralskrusten mit einer Mikrosonde belegen jedoch eindeutig sowohl die Abscheidung von Brucit als auch von Kalziumkarbonat. Die induzierte Wandalkalisierung lag somit mit Sicherheit oberhalb eines Wertes von pH 9.

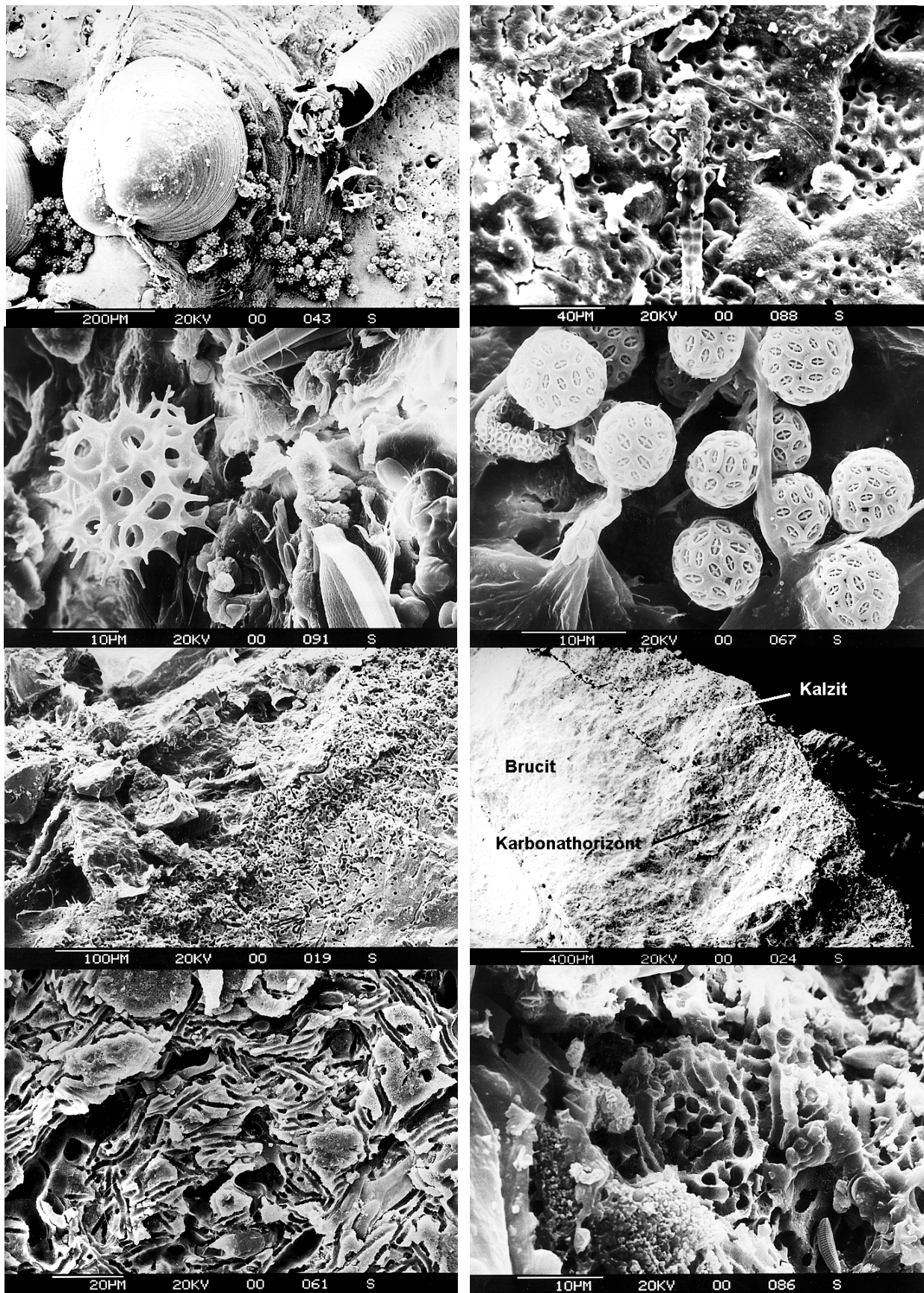
### **Materialanalyse der abgeschiedenen Materialkrusten**

Untersuchungen elektrochemisch erzeugter Mineralkrusten aus Vorversuchen von 1991-92 mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops und integrierter Mikrosonde konnten belegen, daß bei entsprechender Steuerung vornehmlich Kalziumkarbonat abgeschieden wird (vgl. Bildtafel 1). Der elektrochemisch abgeschiedene Karbonatanteil liegt in der Regel als Kalzit vor, biogene Skelettanteile von benthischen Invertebraten akkumulieren zusätzlich Karbonat in Form von Aragonit bzw. Mischmineralien mit unterschiedlichen Magnesiumanteilen (vgl. Bildtafel 2).



**Bildtafel 1:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von elektrochemisch erzeugten Mineralkrusten.





**Bildtafel 2:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Aufwuchs und Endolithen auf elektrochemisch erzeugten Mineralkrusten



Nummerierung der Bilder auf den Bildtafeln:

1	2
3	4
5	6
7	8

### **Bildtafel 1**

Bildtafel 1 zeigt rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von elektrochemisch erzeugten Mineralkrusten in hoher Auflösung. Die kissen-artigen Strukturen auf den Bildern 1-3 werden von Bündeln von Kalzitnadeln gebildet, die auf Bild 4 im Detail gezeigt werden.

Auf Bild 5 sind sekundäre Kristallbildungen zwischen den kissenartigen Strukturen zu sehen. Bild 6 zeigt Halitkristalle, die zum Teil angelöst wurden.

Auf Bild 7 ist eine Gaspore zu erkennen. Aus diesen Poren entweicht der kathodisch freigesetzte Wasserstoff.

Bild 8 zeigt die sekundäre Ausfällung von Kalzit an den Innenwänden einer eingebackenen Wurmröhre.

### **Bildtafel 2**

Die Bilder 1-4 dokumentieren den Aufwuchs auf EES- Krusten, die längere Zeit ohne Strom exponiert waren. Bild 1 zeigt den Anheftungspunkt einer juvenilen Auster sowie Fragmente eines cyclostomen Bryozoenzoariums. Die "himbeerartigen" Strukturen sind Spiculae kolonialen Ascidien.

Die perforierten Krusten auf Bild 2 sind inkrustierende Foraminiferen (cf. *Acervulina*).

Bild 3 zeigt Aspekte des Biofilmes. Radiolarien und Kieselalgen sowie Algenfäden sind erkennbar sowie Coccolithophoridenschalen auf Bild 4.

Auf den Bildern 5-8 sind Bohrgänge von Mikroerodierern (Algae und fungi imperfecti) zu sehen (vgl. KENDRIK et al. 1982). Im radialen Anbruch ist der "Karbonathorizont" gut zu erkennen. Mikrobohrer lösen den Kalk in der Regel mit Hilfe von Säuren. Dieser Modus des Bohrens ist jedoch nur bei Substraten mit hohem Karbonatanteil effizient. Höhere Magnesiumanteile, wie sie typischerweise in der Nähe von Armierungseisen zu finden sind, können nicht penetriert werden (vgl. Kap. 2.1.1.4 Kathoden, Material und Konstruktion). Entlang dieser Grenze bildet sich ein typisches Band von Bohrgängen da nicht weiter in das Magnesium- haltige Material hineingebohrt werden kann (vgl. RADTKE 1993; VOGEL et al. 1995).

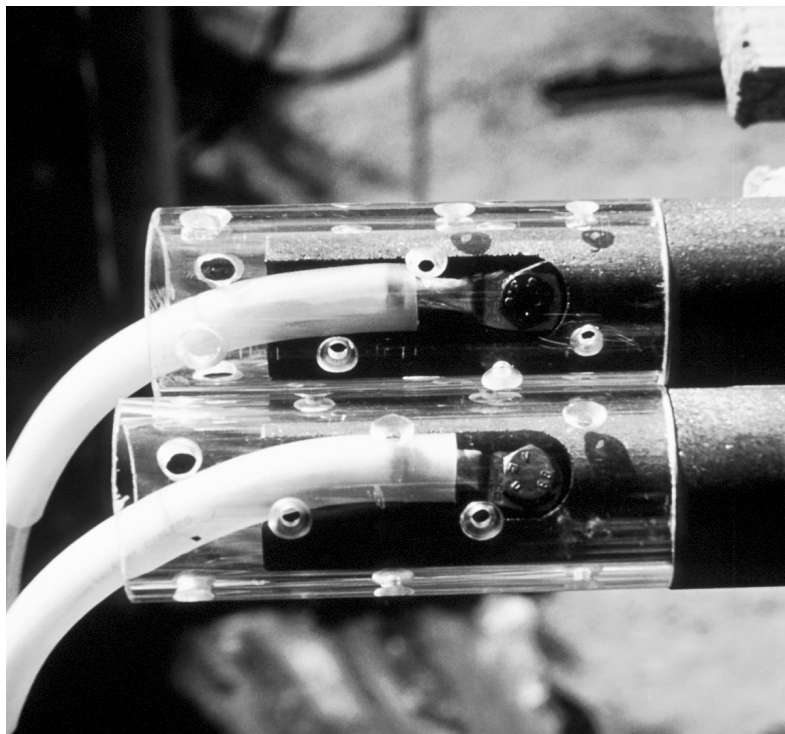
Die Bilder 7 und 8 zeigen stark erodiertes Material, ein Beleg, daß EES- Substrate die Eigenschaften natürlicher Karbonatsubstrate im Hinblick auf Lebensräume für Erodierer gut simulieren.

### 2.1.1.2 Anoden, Material und Konstruktion

Der Erfolg von Versuchen zur elektrochemischen Präzipitation im Meerwasser hängt in erster Linie von der Konstruktion geeigneter Anoden ab (HILBERTZ pers. Mittlg.). HILBERTZ (1981) schlägt als Material zur Konstruktion von Anoden Blei, Graphit oder Titan vor. Das verwendete Material entscheidet über die Charakteristika der Anoden in Bezug auf Leitfähigkeit, Stabilität in Abhängigkeit von der Stromstärke und nicht zuletzt Handhabbarkeit und Produktionskosten. Blei wurde bei unseren Versuchen nicht verwendet, da dieser Typ nur als opfernde Anode ausgeführt werden kann und letztlich als toxische Substanz im Elektrolyten in Lösung geht.

Für die ersten Versuche wurden Anoden aus Graphit entwickelt. Technische Graphite werden in verschiedenen Qualitäten angeboten. Für unseren Einsatz war Graphit des Typs Sigriform, Qualität MS (Sigri GmbH, Meitingen) geeignet. Der Graphit wird als isostatisch gepresstes Material mit einer Restporosität von 14 Prozent geliefert. Die Imprägnierung mit Kunstharzen reduziert diese Porosität noch einmal und stabilisiert den Graphit für den Einsatz in Lösungen. Höhere Restporositäten führen innerhalb von Stunden zum Eindringen von Seewasser in den Anodenkörper und letztlich zu Korrosion an den Anschlüssen zum Zuleitungskabel, wodurch die Anode in kurzer Zeit unbrauchbar wird, da die Kupferseelen der Kabel bei Kontakt mit Seewasser stark korrodieren.

Aus dem Rohmaterial (Platten) wurden Vierkantstäbe mit den Abmessungen 60 x 60 x 600 mm geschnitten. Diese Stäbe wurden auf einer Drehbank auf 50mm Durchmesser abgedreht und mit gefrästen und gebohrten Aufnahmen für die Kabelanschlüsse versehen (vgl. Abb.3).



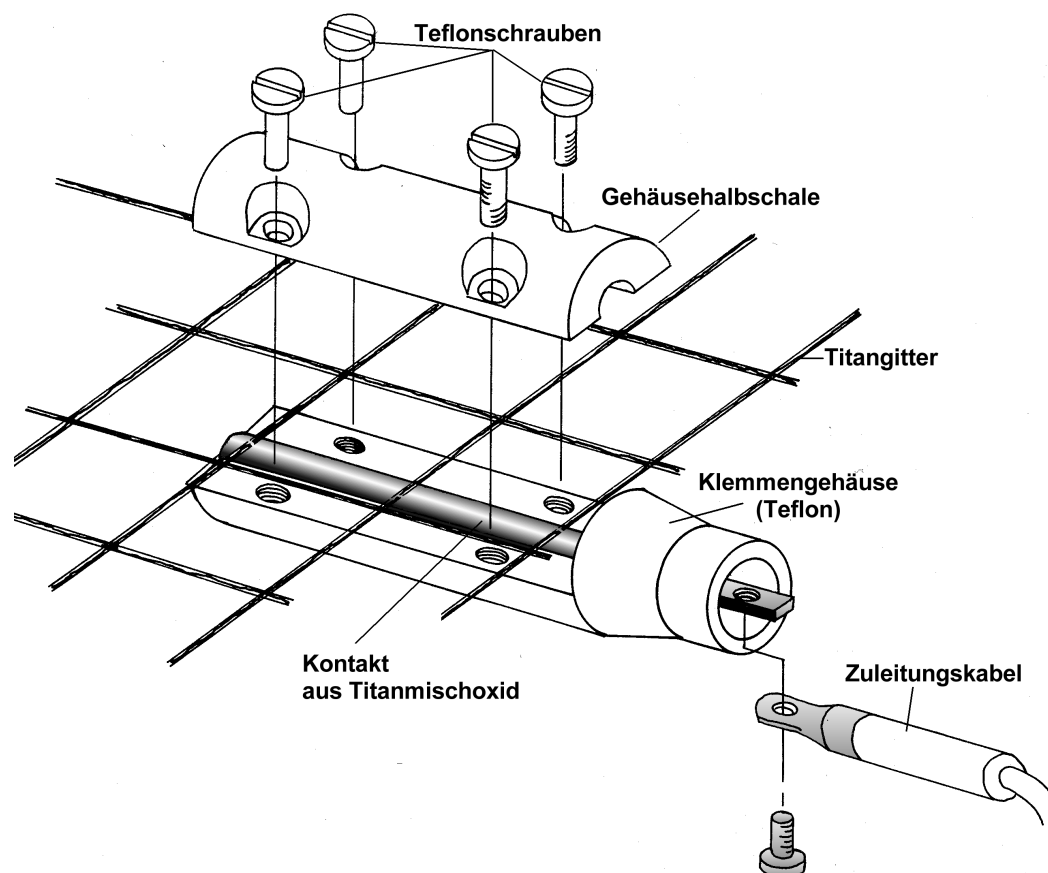
**Abbildung 3:**

Anschlüsse der Kupferkabel an den Anodenkörper. Der Kabelschuh am Ende der Kabel wurde mit dem Graphitstab der Anode verschraubt. Über die Anschlußstelle wurde ein Acrylglasrohr geschoben welches später durch die diversen Bohrungen mit Silikon versiegelt werden konnte.

Graphitanoden zeichnen sich vor allem durch vergleichsweise geringe Kosten aus. Die Restporosität begünstigt jedoch langfristig das Eindringen von Seewasser und damit Korrosionsprozesse im Inneren der Anode. Darüber hinaus sind Graphite nur bei geringen Stromdichten stabil und zeigen bei Stromdichten  $> 50$  Ampere pro Quadratmeter Anodenoberfläche starke Auflösungserscheinungen.

Für die Versuche zur Korallentransplantation stand uns Anodenmaterial der Firma Heraeus (Rodenbach) zur Verfügung. Dieses Material ist ein Streckmetallgitter aus Titanmischoxid, welches ursprünglich für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahlbetonkonstruktionen entwickelt wurde. Das Material zeichnet sich vor allem durch hohe Lebensdauer auch bei hohen Stromdichten aus. Darüber hinaus erlaubt die flächige Ausprägung der Anode eine gute Feldverteilung und damit eine homogenere Präzipitation als die anderen Materialien.

Im Vergleich zu Reintitananoden wird das Titanmischoxid auch durch sehr aggressive Bromide nicht angegriffen. Während zunächst die sperrigen Abmessungen bei der UW-Installation schwierig zu handhaben waren, konnte der Verfasser auf der Basis der ersten Erfahrungen spezielle Unterwasseranschlüsse entwickeln, die den druck- und seewasserbeständigen Anschluß der Anoden vor Ort erlaubten.



**Abbildung 4:** Anschlußklemme zur Herstellung einer Druck- und Seewasser-stabilen, elektrischen Verbindung von Anodengittern und Zuleitungskabeln. Lediglich das Klemmgehäuse muss über Wasser mit dem Kabelende versiegelt werden. Der Anschluss an das Elektrode kann dann unter Wasser erfolgen.

Während der ersten Versuche traten immer wieder Probleme mit der Anodenaufhängung auf. Nichtleitende Kunststoffe wie PVC, Troidur sowie Polyamid wurden durch die Chlorgas- bzw die HCL-Entwicklung in unmittelbarer Anodennähe zerfressen und mußten regelmäßig getauscht werden. Für diese Anwendung wurden PTFE-Aufhängungen entwickelt, die auch über Jahre praktisch keine Alterungserscheinungen zeigten. Alle Anodentypen mußten an Land seewasser- und druckbeständig mit den Zuleitungskabeln verbunden werden. Dieses hatte den Nachteil, daß bei der Installation die Anode zusammen mit der gesamten Kabellänge transportiert werden muss und das Verlegen der Kabel z.B. einen Taucher sehr schwierig ist. Auf der Basis der Erfahrungen in Aqaba wurden seewasser- und druckbeständige Klemmen konstruiert, die den Anschluß von Titanoden unter Wasser erlauben (vgl. Abb.4). Fortschreitende Konstruktionen mit abschnittsweiser Bestromung, die regelmäßige Positionswechsel der Anoden erfordern, werden mit diesem System erheblich vereinfacht. Für die Anschlußklemmen wurde ein Patentschutz beantragt.

### **2.1.1.3 Stromversorgung**

Als Quelle der elektrischen Energie für die Erzeugung der ERCON Substrate wurden sowohl umgespannter Netzstrom als auch Photovoltaikpaneele verwendet.

Ich verwendete Kurzschluß- stabile Transformatoren der Firma Lambda mit fünf getrennt regelbaren Kanälen. Die Transformatoren lieferten pro Kanal 2,5 bis 7,1 A bei 18 V. Die Stromstärke konnte über einen regelbaren Vorwiderstand stufenlos eingestellt werden. Regelmäßige Kontrollen der Stromstärke ergaben Abweichungen vom Sollwert kleiner 0,1 A, so dass ein Stromkonstanter überflüssig war.

Obwohl die Transformatoren ohne Spulen arbeiteten und daher die Wärmeentwicklung vergleichsweise gering war und der Einsatzbereich bis 70° C angegeben war, wurde die Anlage über eine Zeitschaltuhr täglich von 11:00 bis 15:00 sicherheitshalber abgeschaltet, um thermische Schädigungen des Netzteiles zu vermeiden. Bei Vorversuchen mit Labornetzteilen kam es regelmäßig zu Ausfällen, da die Temperatur innerhalb des Kompressorraumes, in dem die Anlage aufgestellt war, während der Sommermonate mittags durchaus 60 ° C und mehr erreichte.

In Gegenden natürlicher Korallenvorkommen steht in der Regel ausreichend Lichtenergie zur Verfügung, um auch größere Anlagen mit Photovoltaik zu betreiben. Da die Anfangsinvestitionen jedoch vergleichsweise hoch sind, konnten die Versuche nur zum Teil über Photovoltaik betrieben werden.

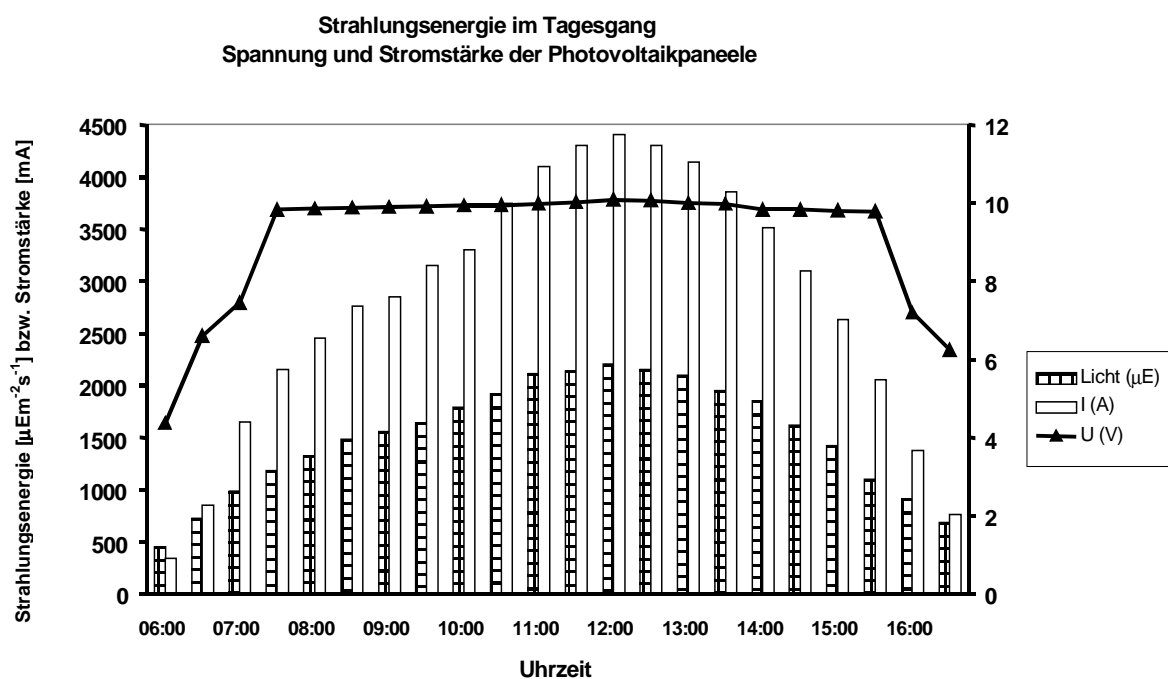
Photovoltaikelemente liefern Gleichstrom im Niedervoltbereich und sind daher die ideale Stromversorgung für unsere Anwendung. Sowohl die Gleichrichtung als auch die Umtransformation auf Niederspannung entfällt. Darüber hinaus ist der Verschleiß der Anlage praktisch zu vernachlässigen, da moderne Photovoltaikpaneele selbst nach 15 Jahren Dauereinsatz noch über 95% der Ausgangsleistung liefern.

Nachteilig ist der vergleichsweise hohe Platzbedarf für leistungsstarke Einheiten sowie die bereits genannten hohen Anschaffungskosten. In niederschlagsarmen Regionen muß damit gerechnet werden, daß die Paneele durch Staub mit der Zeit stark verschmutzen und so die Leistung herabgesetzt wird. In Aqaba war eine monatliche Reinigung der Paneele erforderlich.

Für die Versuche bei Aqaba wurden zwei Photovoltaikpaneele auf dem Dach des Kompressorhauses aufgestellt. Die Paneele wurden mit Hilfe eines Tauchkompasses nach Süden hin ausgerichtet und etwa 35 Grad geneigt.

Die Paneele wurden parallel geschaltet. Am 28.04.92 wurden die Lichtintensitäten im Tagesgang als auch die von den Paneelen erzeugte Spannung und Stromstärke gemessen. Die Lichtenergie wurde mit einem LIQOR Quantensensor (LI 192-SA) auf dem Dach des Kompressorhauses in ca. 4m über dem Meeresspiegel gemessen.

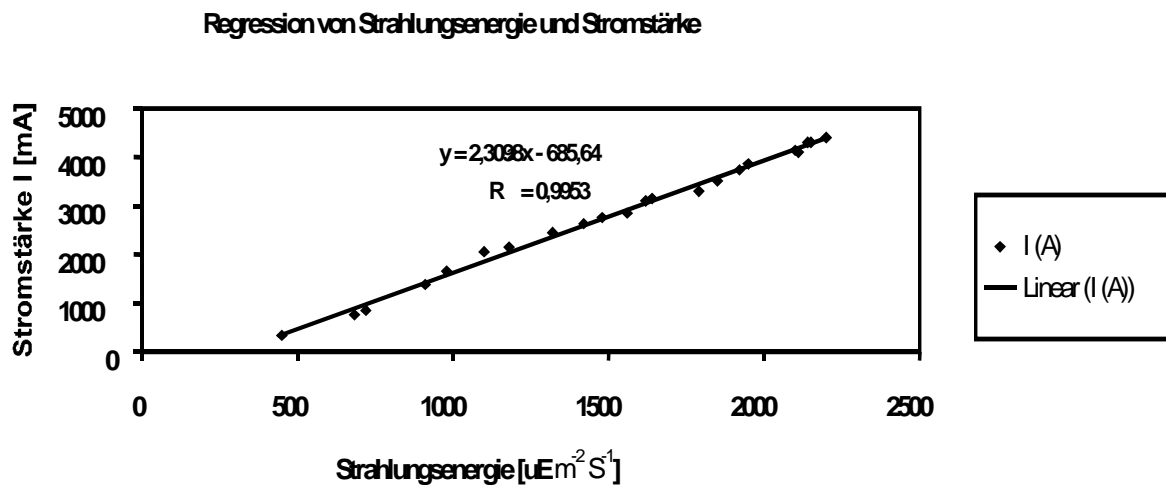
Es wurde darauf geachtet, daß sich keine reflektierenden Gegenstände in unmittelbarer Nähe des Sensors befanden.



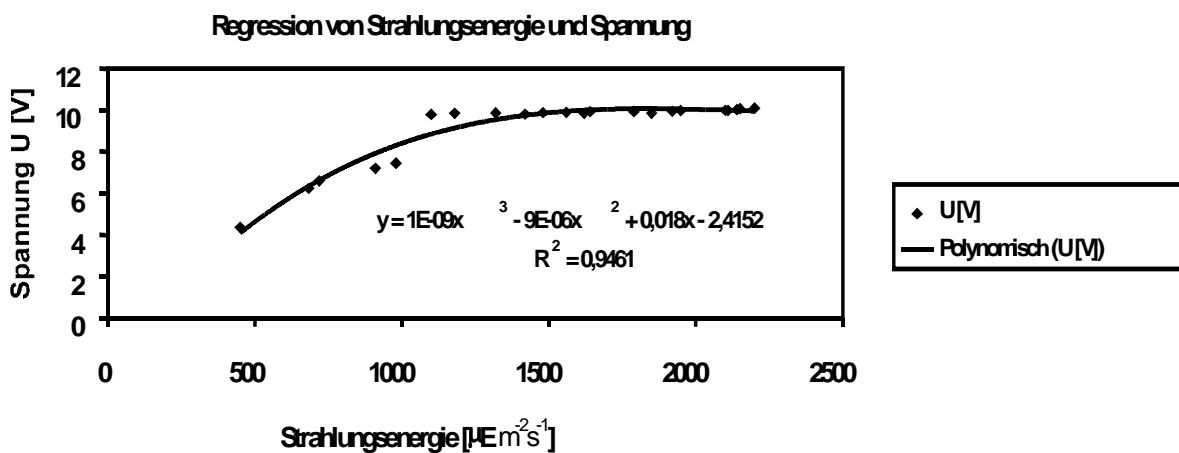
**Abbildung 5:** Umsetzung der Strahlungsenergie in elektrischen Strom durch die verwendete Photovoltaik im Tagesgang.

Während des Sonnenhöchststandes wurden maximale Stromstärken von 4,4 A bei ca. 11,8 V erreicht. Die Sonneneinstrahlung lag Mittags bei etwa  $2100 \mu\text{E pro m}^2 \text{ s}^{-1}$  (Abb. 5). Die Gesamtleistung der Paneele pro Tag betrug 0,598 KWh.

Während die Stromstärke (I) praktisch linear mit der Sonneneinstrahlung korrelierte, (Abb. 6) folgte die Spannungskurve (U) der Photovoltaikpaneele einer polynomischen Funktion im Sinne einer Sättigungskurve (Abb.7).



**Abbildung 6:** Korrelation von Strahlungsenergie und Stromstärke.



**Abbildung 7:** Korrelation von Strahlungsenergie und Spannung.

### 2.1.1.4 Kathoden, Material und Konstruktion

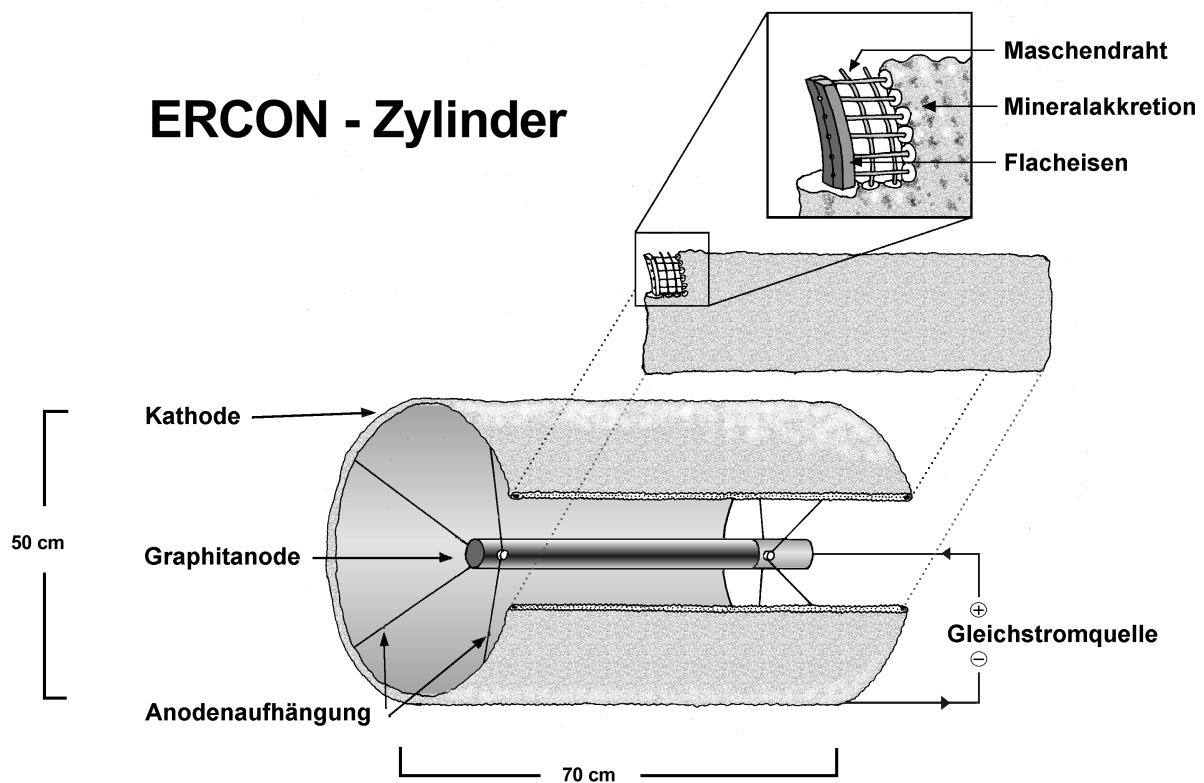
In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung wurden verschiedene Designs eingesetzt. Grundsätzlich standen Graphit und Titanmischoxidgitter als Anodenmaterial zur Verfügung.

#### *Kathodendesign unter Verwendung von Graphitanoden*

##### **Zylinder**

Die optimale Form der Kathode bei Verwendung einer Stabanode ist der Zylinder mit zentral angeordneter Anode. Die Position der Anode erzeugt ein weitgehend homogenes Feld über den Maschendraht, so daß die Position der Anode während der Bestromungsphase nicht verändert werden muß.

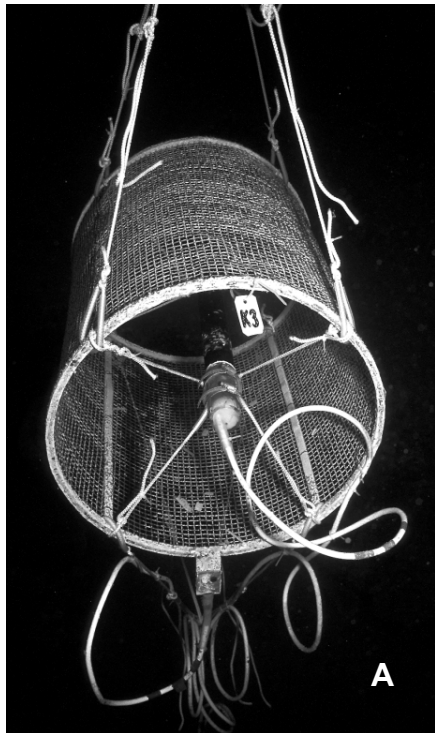
In Tiefen von 10 und 20 m wurden jeweils 3 Testkörper dieses Bauprinzips installiert.



**Abbildung 8:** Bauprinzip und Abmessungen der ERCON-Zylinder (im Folgenden EES –Zylinder)

Die Zylinder hatten die Abmessung von 700 mm Länge bei einem Durchmesser von 500 mm (Abb.8). Die Rahmenkonstruktion der Zylinder bestand aus Flachstahl (5 mm x 16 mm). Der Maschendraht wurde an den Enden der Röhre zwischen zwei Flachstahlringen verschweißt. Die Ringe an den beiden Enden wurden durch jeweils vier Streben in der Distanz von 70 cm gehalten. Der kathodische Anschluß an der Rahmenkonstruktion ermöglichte eine gute Stromverteilung auf den angeschweißten

Draht. Übergangswiderstände sollten somit lediglich durch den Materialquerschnitt des Drahtes bedingt sein.



**Abbildung 9 A und B:**

**A:** Testkörper in 10 m Wassertiefe, von Auftriebskörpern getragen. Untere Streben und Flachstahlringe sind gut erkennbar.

**B:** Versuchskörper in 20 m Wassertiefe, zwischen Stahlstangen aufgehängt (Photo Schuhmacher).

Als Drahtgewebe wurde ein unverzinktes Schweißgitter mit einer Drahtstärke von 1 mm verwendet. Die Maschenweite betrug 10 mm.

Die kathodisch aktive Oberfläche der Zylinderbauteile ließ sich rechnerisch ermitteln.

Kathodisch aktive Oberfläche pro m <sup>2</sup> Maschendraht =	0.628 m <sup>2</sup>
Pro Zylinder wurde 157 X 70 cm Drahtgewebe verarbeitet =	10990 cm <sup>2</sup>
Kathodisch aktive Oberfläche des Maschendrahtes /Zylinder =	6902 cm <sup>2</sup>
Kathodisch aktive Oberfläche der Streben =	1176 cm <sup>2</sup>
Kathodisch aktive Oberfläche der Ringe =	1632 cm <sup>2</sup>
Summe der kathodisch aktiven Oberflächen pro Zylinder =	0,9710 m <sup>2</sup>

Bestromt wurde mit 3 A bei 9,6 V , die Stromdichte entsprach somit 3.089 Am<sup>-2</sup> .

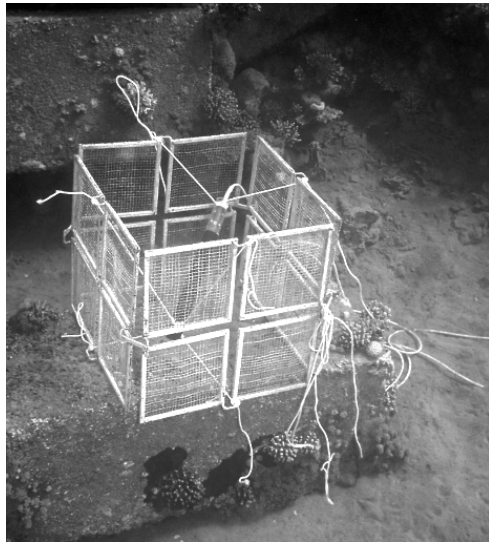
### Plattengitter

Zur simultanen Exposition mit den anderen Substratplatten (Beton, Korallenkalk) wurden EES- Platten der Größe 30 x 30 cm hergestellt.

Jeweils 16 Platten wurden zu einem Würfel zusammengeschweißt und gleichzeitig bestromt. Jede einzelne Platte bestand aus zwei Flachstahlrahmen, zwischen die der Maschendraht gelegt wurde. Die beiden Rahmen wurden zusammen mit dem Maschendraht verschweißt, so daß durch den Rahmen eine gute Stromverteilung auf den Draht gegeben war. Jeweils vier der Platten bildeten eine Seite des Würfels,



die Ober- und Unterseite des Würfels blieb offen (Abb. 10). Die Platten wurden simultan für sechs Wochen mit 7 A beaufschlagt.



Nach Abschluß der Bestromung wurden der Würfel wieder in einzelne Platten zerlegt. Die Platten wurden anschließend in den Plattengestellen als Substrat zur Besiedlung angeboten.

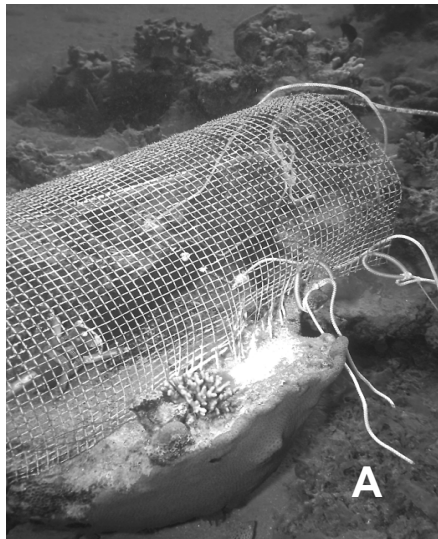
**Abbildung 10:** Versuchsaufbau zur Herstellung von EES-Platten.

### Formstudien

Wann immer Kapazitäten der Gleichspannungsquellen verfügbar waren, wurden Formstudien konstruiert und installiert mit dem Ziel, die Bandbreite an realisierbaren Kathodendesigns im Hinblick auf spezifische Anwendungen zu testen.

Unter der Maßgabe einer möglichst optimalen Feldverteilung bei Verwendung einer Graphitanode war der Gestaltungsspielraum für die Kathode stark einschränkt.

Die frei in der Wassersäule aufgehängten ERCON -Zylinder dienten ausschließlich als Substratflächen, boten aber noch keine Möglichkeiten, Optionen zur Einpassung der EES- Strukturen in die Rifftopographie zu testen.



**Abbildung 11:** Versuchsaufbau zur Herstellung einer Hohlkehle (HK I). Bild A zeigt ein frühes Stadium mit starker Brucitbildung in Anodennähe, Bild B zeigt den selben Versuchskörper nach einjähriger Bestromung mit Solarstrom.

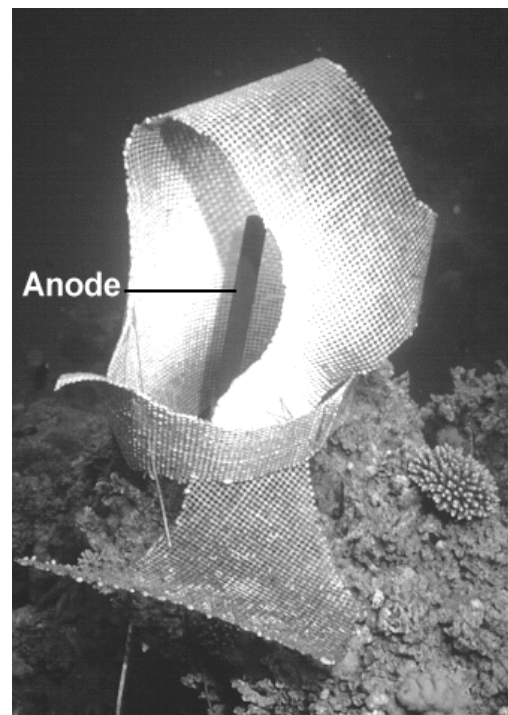
Mit der Konstruktion der Hohlkehlen (HK) I & II wurde versucht, die Verbindung der künstlichen Substrate mit dem Riffkörper zu realisieren. Darüber hinaus zeigen diese Studien den Übergang von zylindrischen zu eher flächigen Kathodenformen, immer

noch unter Verwendung von Graphitanoden. HK I wurde auf dem abgestorbenen, oberen Teil einer sphärischen *Favia*- Kolonie installiert. Die Kontaktstellen des Maschedrahtes verbackten im Verlauf der Bestromung erwartungsgemäß mit dem Korallenkalk und lebendes Gewebe der Korallenkolonie wuchs über diese Kontaktstellen auf die Hohlkehle auf (Abb.11).

HK II wurde so vor einer Riffwand installiert, daß der Maschendraht Sedimentpartikel fangen und stabilisieren konnte (Abb. 12). Eine Längsseite des Halbzylinders war ins Sediment eingebettet um zu testen, in wie weit die Akkretion auch innerhalb des Sedimentes erfolgen würde. Bei sehr dünner Übersichtung mit Sediment läuft die Akkretion weiter, bei tieferer Einbettung sind erheblich höhere Stromdichten erforderlich bzw. Anoden, die in unmittelbarer Nähe in das Sediment eingebracht werden (z. B. Titanstabanoden).



**Abbildung 12:** HK II vor einer Riffwand.



**Abbildung 13:** Formstudie "Skulptur".

Beide HKs wurden ausschließlich mit Photovoltaikpaneelen elektrifiziert und als Langzeitversuche 14 Monate bestromt. Die verwendeten Paneele lieferten in den Mittagsstunden maximal 4,4 A. Die Leistung der Paneele über den Tag zeigte das charakteristische diurnale Sinusmuster (vgl. Abb. 5).

## Skulptur

Im Hinblick auf eine möglichst naturnahe Simulation von Rifflandschaften ist es langfristig wünschenswert, auch komplexe dreidimensionale Strukturen zu erzeugen. Die Skulptur stellt vor diesem Hintergrund eine Designstudie dar, die die Machbarkeit einer komplexen Form unter Verwendung einer zentralen Graphitanode testen sollte. Der Kathodenkörper umspielt dabei einen Anodenstab, der mit einem Erdspeer auf einer abgestorbenen *Lobophyllia*- Kolonie annähernd lotrecht auf dem Riffkörper angebracht wurde (Abb.13).

Obwohl keine homogene Feldverteilung über die Kathode erzeugt werden konnte, reichte die Stromdichte dennoch zum Aufbau einer zufriedenstellenden Oberflächenladung und damit zu einer brauchbaren Akkretion auch an der Peripherie der Form aus. Es konnte so gezeigt werden, daß auch mit Stabanoden komplexe Strukturen realisierbar sind und sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, praktisch alle gewünschten Formen mit Hilfe der ERCON- Technologie herstellen lassen.

## Konus

Während der Versuche mit den Besiedlungsplatten sowie bei der Beobachtung der Sukzession auf den EES- Zylindern zeichnete sich die große Bedeutung der Beweidung durch herbivore Fische für die Entwicklung der Benthosgemeinschaften auf den unterschiedlichen Substraten ab. Das Karbonatmaterial wurde nicht nur durch epilithische Turfalgren besiedelt, sondern auch von endolithischen Algen und Pilzen penetriert. Herbivore Fische, die sowohl den Aufwuchs auf der Suche nach Algen abweiden und dabei auch die von Endolithen durchsetzte oberste Substratschicht abraspeln, waren häufige Weidegäste an den EES. Die Akzeptanz der EES durch rifftypische Epiphyten und Endolithen war ein deutliches Indiz für die „Naturnähe“ unseres künstlichen Substrattypes. Andererseits behinderte die Intensität der Beweidung in hohem Maße die Ansiedlung von Karbonatbildnern, insbesondere von Steinkorallen. Da ein gewisses Maß an Beweidung für die Freihaltung von Besiedlungsflächen obligate Bedingung für eine erfolgreiche Ansiedlung von Steinkorallen ist, wurde versucht, die Intensität der Beweidung durch komplexere Strukturierung der Oberfläche zu modifizieren. Bei der Herstellung des Konus wurde die Maschendrahtfläche so gefaltet, daß Kerben und Rinnen entstanden, die weidenden Fischen den Zugang erschwerten, ohne eine Beweidung vollständig zu verhindern (Abb. 14). Der Kegelstumpf wurde direkt auf den Riffkörper gestellt und war somit sowohl für Fische als auch für weidende Seeigel zugänglich (Abb. 15).



**Abbildung 14:** Detailaufnahme der Faltenstruktur.

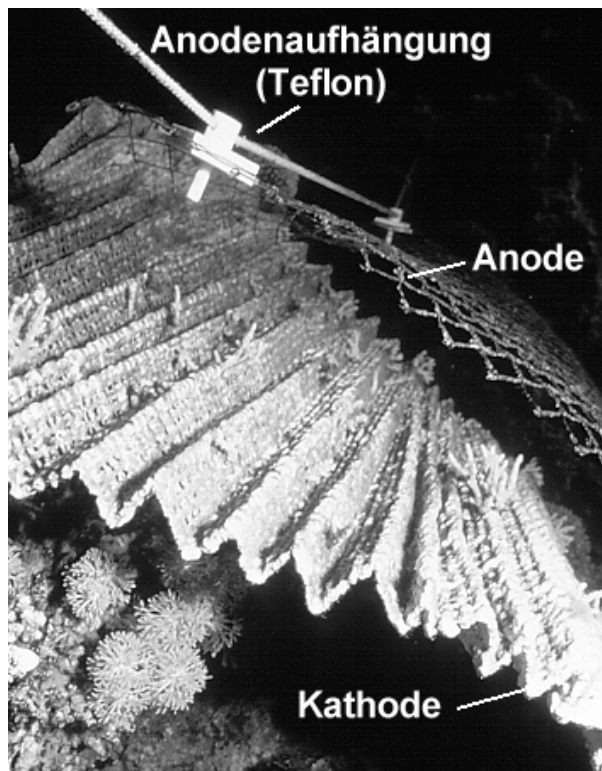


**Abbildung 15:** Formstudie "Konus" mit gefalteter Oberfläche.

### ***Kathodendesign unter Verwendung von Titangitteranoden***

#### **Faltenflächen**

Während des zweiten Untersuchungsjahres stellte uns die Firma Heraeus ein neuartiges Anodenmaterial zur Verfügung, welches ursprünglich zum kathodischen Korrosionsschutz von Stahlbetonkonstruktionen entwickelt wurde.



Es handelt sich um ein gestanztes Gitter aus Titanmischoxid, welches auf Grund seiner flächigen Gestalt gut geeignet ist, ein homogenes elektrisches Feld auch über größeren Kathodenflächen zu erzeugen. Die Titanode ist auch bei hohen Stromdichten noch korrosionsstabil und hat daher eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Das geringe Gewicht ermöglicht eine einfache Aufhängung in unmittelbarer Nähe der zu bestromenden Kathodenfläche (Abb. 16).

**Abbildung 16:** Faltenfläche mit transplantierten Korallenfragmenten. Anodengitter hängt parallel zur Kathodenfläche über derselben.

## Testflächen

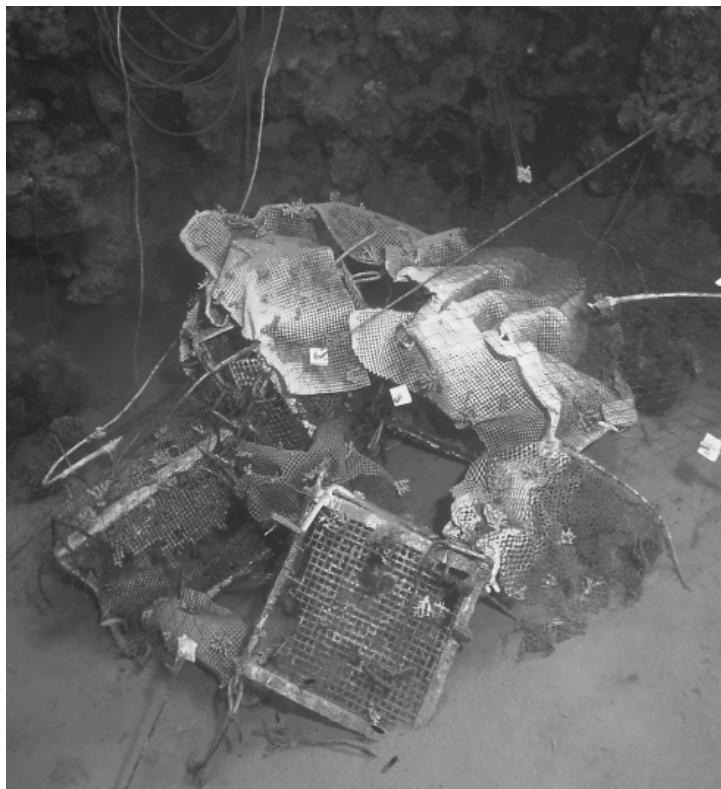
In Tiefenstufen von 1, 6, 12 und 18 m wurden Testflächen (TF) aus Maschendraht mit den Abmessungen 1 m x 3 m installiert. Da wie bei den vorangegangenen Versuchen starke Weideaktivität zu erwarten war, wurde die Rauigkeit der TF durch Faltung erhöht. Der Maschendraht wurde alle 5 cm gegeneinander gefaltet, so daß eine Zick- Zack- Oberfläche entstand. Diese "Ziehharmonika" wurde nach der Faltung wieder auf das Maß 1,5 x 1m ausgezogen. Jede TF wurde mit 5 A bestromt, was einer Stromdichte von  $2,68 \text{ A/m}^2$  kathodisch aktiver Oberfläche entspricht. Im Vergleich zu den Zylindern wirkt sich der Wegfall der stabilisierenden Streben günstig auf das Verhältnis von Stromstärke und Oberfläche aus.

Jede der Testflächen wurde im Abstand von ca. 30 cm mit  $1 \text{ m}^2$  Anodengitter überspannt. Erste Versuche zeigten, daß die HCL Entwicklung am Anodengitter die Polyamidseile sehr stark angriff. Bei späteren Installationen wurden PTFE-Aufhängungen verwendet, die auch nach mehreren Monaten keine Korrosionserscheinungen zeigten.

## Modellriff

Die Riffstruktur "Modellriff" wurde als Machbarkeitstudie konzipiert und diente im wesentlichen der Untersuchung der Frage, ob auch präkorrodierte Bauteile unter Wasser zu einem komplexen Gesamtgebilde zusammengesetzt werden können

(Abb. 17). Als Bauteile wurden Rahmen von elektrochemischen Vorversuchen und diverse Stücke teils stark korrodierten Maschendrahtes verwendet. Die einzelnen Bauteile wurden unter Wasser elektrisch leitend miteinander verbunden. Das Gesamtgebilde wurde über zwei getrennte Kabel kathodisch angeschlossen. Zwei ebenfalls getrennt verschaltete Titangitter dienten als Anoden.



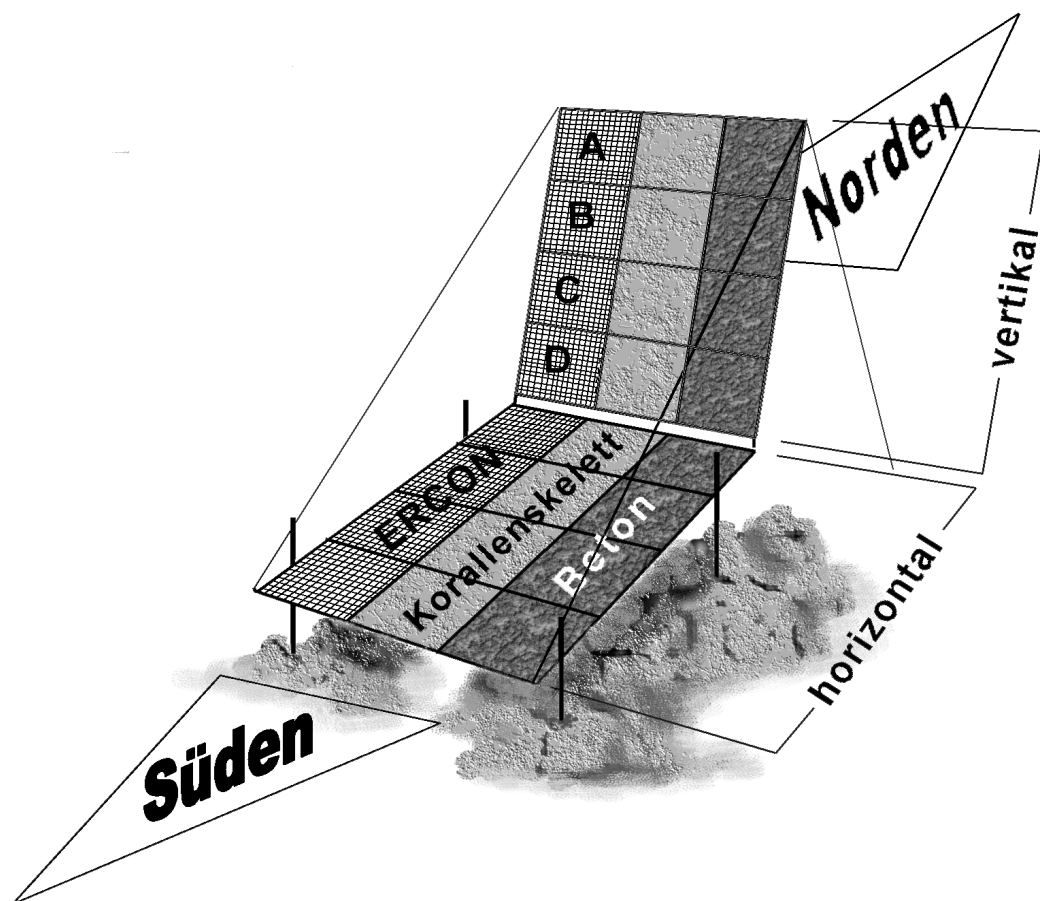
**Abbildung 17:** Komplexe Struktur aus mehreren Bauteilen zu einem "Modellriff" zusammengesetzt.

### 2.1.2 Exposition von künstlichen, natürlichen und semi- natürlichen Substraten

Neben der Exposition von EES- Zylindern bildeten Gestelle zur simultanen Exposition unterschiedlicher Besiedlungsplatten das zweite zentrale Versuchsdesign der vorliegenden Untersuchung.

#### 2.1.2.1 Plattensubstrate (Beton, Korallenkalk, elektrochemisch erzeugte Substrate)

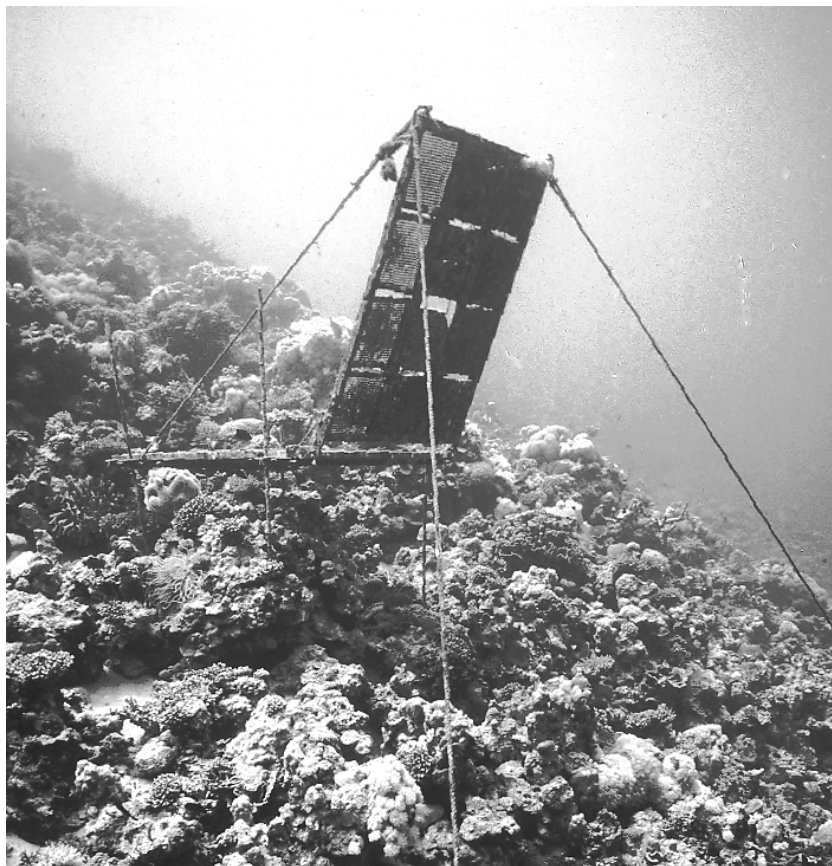
Aus Stahlwinkelprofilen wurden vier Gestelle angefertigt, die jeweils 24 Besiedlungsplatten mit den Abmessungen 30 x 30 cm aufnehmen konnten. Ein Gestell bestand aus zwei Flügeln, die über ein Gelenk in einem Winkel von etwa  $100^\circ$  zueinander fixiert werden konnten. Einer der Flügel wurde vertikal, der andere horizontal ausgerichtet. Jeder der Flügel konnte 12 Besiedlungsplatten aufnehmen, jeweils vier Platten eines Substrattyps bilden eine Spalte. Die Anordnung erfolgte in drei Spalten nebeneinander in beiden Flügeln. Die Rahmenkonstruktion erlaubte die Besiedlung der exponierten Platten sowohl von der Ober-, als auch von der Unterseite (Abb. 18).



**Abbildung 18:** Schematische Darstellung des Bauprinzips der Plattengestelle. Die Versuchsgestelle wurden in N-S- Richtung ausgerichtet.

Zur Installation der Plattengestelle wurden mit einem Unterwasserbohrgerät lotrechte Löcher in den Korallenfels gebohrt. In diese Löcher wurden Armierungseisen als Stelzen eingeschlagen. Die an Land montierten Gestelle ließen sich mit einem Unterwasserscooter vor Ort schleppen und mit Auftriebskörpern in die vorgesehene Position manövrieren. Dort wurden sie an den Stelzen in etwa 80 cm Abstand zum Riffkörper verankert. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse von SCHUHMACHER (1974) zum Einfluß weidender Diademseeigel (*Diadema setosum*) auf die Entwicklung von Protoriffgemeinschaften auf Granitblöcken von Hafenmolen bei Eilat, wurden die Plattengestelle aufgeständert und so eine Beweidung der Substratplatten durch Seeigel verhindert. Der Abstand zum Riffgestein wurde so gewählt, daß eine Beobachtung und Dokumentation der Besiedlung auch auf den Unterseiten der horizontal exponierten Platten möglich war, ohne diese aus dem Gestell nehmen zu müssen. Während der ersten Feldkampagne 1992 wurde je ein Gestell in 10 und 20 m Tiefe in unmittelbarer Nähe zu den Zylindern installiert (zur Lage siehe Karte der Versuchsanlagen, Kap. 3).

Beide Gestelle wurden in Nord-Süd- Richtung aufgebaut, so daß jeweils eine Plattenseite dem Licht zugewandt und eine dem Licht abgewandt exponiert wurde. Der Lichtgradient war bei den horizontal exponierten Platten entsprechend stärker ausgeprägt als bei den vertikal orientierten Platten (siehe Abb.18). Abb. 19 zeigt das Gestell in 20 m Tiefe im Vorriff des südlichen Riffkomplexes bei Aqaba.



**Abbildung 19:** Plattengestell am Riffhang in 20m Tiefe.

### **Herstellung der Substratplatten**

Die Betonplatten (30 x 30 cm) wurden vor Ort unter Verwendung eines Gemisches aus Granit-/Kalksand (wie am Strand verfügbar) und handelsüblichem Zement gegossen.

Zur Herstellung natürlicher Korallensubstrate wurde eine abgestorbene große sphärische *Favia fava*- Kolonie (ca. 1 m Durchmesser) aus dem Riff nahe der saudi-arabischen Grenze geborgen und in einem örtlichen Steinschneidebetrieb maschinell zu Platten zersägt. Zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Materials wurden Platten von 15 X 30 cm bei einer Dicke von 26,5 mm geschnitten. Jeweils zwei dieser Platten wurden zu einer Besiedlungsplatte (30 x 30 cm) zusammengefügt und nebeneinander in die Expositionsgestelle gelegt. Alle in dieser Versuchsserie verwendeten Korallenskelettplatten stammten von dieser einen Kolonie. Die Maßhaltigkeit der Platten war so gut, daß der biogene Abtrag von diesem Substrattyp später als Differenz zur Ausgangsdicke zu bestimmen war (vgl. Kap. 2.3.2).

Die mineralbeschichteten Drahtgitterplatten (ERCON- Gitterquadrate) wurden als drahtbespannte Stahlrahmen ausgeführt, die im Hafenbecken der Marine Science Station über einen Zeitraum von vier Wochen vorab bestromt wurden. Hierbei waren die Drahtgitter als Kathode geschaltet. Nach Abschluß der Präzipitation waren die Gitter mit einer ca 1- 3 mm dicken Präzipitatschicht aus Kalk und Brucit überkrustet und konnten mit einem Trennschleifer in einzelne Maschendrahtplatten zerlegt werden (zur Herstellung siehe Kap. 2.1.1.4).

Für jeden Substrattyp (Beton, Korallenskelett, ERCON) wurden jeweils vier Platten pro Flügel (horizontal = H und vertikal = V) in den Plattengestellen exponiert.

#### **2.1.2.2 Expositionszeiten und Entnahmerhytmik**

Die simultane Exposition unterschiedlicher Besiedlungssubstrate zielte auf die Charakterisierung räumlicher und zeitlicher Muster der natürlichen Wiederbesiedlung in Abhängigkeit von Substrattyp, der Orientierung der Platten und korrelierten Parametern wie Sedimentation, Licht und Wassertiefe.

Entsprechend dem ursprünglich veranschlagten Untersuchungszeitraum von zwei Jahren waren die Gestelle zur Exposition der Substratplatten so konstruiert, dass die Sukzession der Besiedlung in Abständen von einem halben Jahr durch die Entnahme von jeweils einem Plattensatz dokumentiert werden konnten. Die zeitliche Vorstellung basierte im wesentlichen auf Erfahrungen von SCHUHMACHER (1974) mit Besiedlungsverläufen auf Hafenmolen bei Eilat (Israel, Golf von Aqaba, Rotes Meer) sowie einschlägigen Literaturangaben (z.B. SCHLESINGER & LOYA 1985; RINKEVICH & LOYA 1987; HARISON & WALLACE 1990; RICHMOND & HUNTER 1990).



Das unerwartet langsame Fortschreiten der Sukzession im ersten Untersuchungsjahr erforderte jedoch eine Verlängerung des Untersuchungszeitraumes auf insgesamt dreieinhalb Jahre. Hierdurch bedingt mußte die Entnahmerhythmik soweit angepasst werden, daß trotz limitierter Expositionsfläche (vier Platten pro Substrattyp und Orientierung pro Tiefenstufe) genügend Probenmaterial exponiert und entnommen werden konnte, um den Untersuchungszeitraum abzudecken. Die gewählten Entnahmetermine tragen den oben genannten Überlegungen in so weit Rechnung, als, wenn irgend möglich, Proben mit längeren Expositionszeiten der Erzeugung von Proben mit kürzeren Expositionszeiten vorgezogen wurden. Dies hatte zur Folge, dass die ursprüngliche Konzeption zeitgleicher Exposition und sukzessiver Entnahme nicht für alle Proben durchgehalten werden konnte. Die Tabellen 1 und 2 auf den Seiten 38 und 39 zeigen detailliert, welche Platten mit welcher Zeitüberschneidung exponiert waren.

Obwohl viele marine Benthosorganismen unterschiedliche Fortpflanzungsaktivitäten über den Jahresgang zeigen (FADLALLAH 1983, RINKEVICH & LOYA 1987, HARRISON & WALLACE 1990) werden für Steinkorallen im nördlichen Golf von Aqaba in der Regel keine scharf begrenzten Fortpflanzungsphasen beschrieben, wie sie für andere Gebiete im Indo- Pazifischen Raum angegeben werden. Speziell unter den Pionierformen benthischer Siedler finden sich zudem zahlreiche Taxa, die ganzjährig Larven, bzw. Gameten produzieren und freisetzen. Dem Einfluß des Versuchsaufbaus und der Entnahmerhythmik auf die Ergebnisse wird im Rahmen der Diskussion besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Die Substratplatten wurden alle sechs Monate von beiden Seiten fotografiert und zum Teil gegen frische Platten getauscht. Die Orientierung, die Expositionsdauer sowie Kodierung der einzelnen Platten, wurde in Tabelle 1 und 2 graphisch aufgetragen.

Ein Plattensatz besteht aus vier Platten (Beton horizontal, Beton vertikal, Koralle horizontal, Koralle vertikal).

Nach Abschluß der Versuche standen pro Substrattyp und Orientierung zur Auswertung zur Verfügung:

- 1 Plattensatz mit einem halben Jahr Expositionszeit,
- 1 Plattensatz mit einem Jahr Expositionszeit
- 3 Plattensätze mit eineinhalb Jahren Expositionszeit
- 2 Plattensätze mit zwei Jahren Expositionszeit
- 1 Plattensatz mit dreieinhalb Jahren Expositionszeit

Die EES wurde aufgrund des schlechten Zustandes der länger exponierten Proben nicht weiter ausgewertet.

Plazierung, Kodierungen, Expositionszeit und Entnahmetermine der Substratplatten in 10m Tiefe

		12.1992	07.1993	11.1993 (Foto)	04.1994	12.1994	07.1995	02.1996	06.1996
N o r d e n	vertikal	Beton	A	10bnv073 (0.5a)		10bnv075 (2 a)		10bnva66 (1 a)	
			B	10bnv044 (1.5 a)		10bnv036 (1.5 a)			
			C	10bnv124 (2 a)		10bnvc66 (1.5 a)			
			D	10bnvd66 (3.5 a)					
		Koralle	A	10knv073 (0.5 a)		10knv075 (2 a)		10knva66 (1 a)	
			B	10knv044 (1.5 a)		10knv036 (1.5 a)			
			C	10knv124 (2 a)		10knvc66 (1.5 a)			
			D	10knvd66(3.5 a)					
	horizontal	Beton	A	10bnha66 (3.5 a)					
			B	10bnh124 (2 a)		10bnhb66 (1.5 a)			
			C	10bnh044 (1.5 a)		10bnh036 (1.5 a)			
			D	10bnh073 (0.5 a)		10bnh075 (2 a)		10bnhd66 (1 a)	
		Koralle	A	10knva66 (3.5 a)					
			B	10knh124 (2 a)		10knhb66 (1.5 a)			
			C	10knh044 (1.5 a)		10knh036 (1.5 a)			
			D	10knh073 (0.5 a)		10knh075 (2 a)		10knhd66 (1 a)	

		12.1992	07.1993	11.1993	04.1994	12.1994	07.1995	02.1996	06.1996
S ü d e n	vertikal	Beton	A	10bsv073 (0.5 a)		10bsv075 (2 a)		10bsva66 (1 a)	
			B	10bsv044 (1.5 a)		10bsv036 (1.5 a)			
			C	10bsv124 (2 a)		10bsvc66 (1.5 a)			
			D	10bsvd66 (3.5 a)					
		Koralle	A	10ksv073 (0.5 a)		10ksv075 (2 a)		10ksva66 (1 a)	
			B	10ksv044 (1.5 a)		10ksv036 (1.5 a)			
			C	10ksv124 (2 a)		10ksvc66 (1.5 a)			
			D	10ksvd66 (3.5 a)					
	horizontal	Beton	A	10bsha66 (3.5 a)					
			B	10bsh124 (2 a)		10bshb66 (1.5 a)			
			C	10bsh044 (1.5 a)		10bsh036 (1.5 a)			
			D	10bsh073 (0.5 a)		10bsh075 (2 a)		10bshd66 (1 a)	
		Koralle	A	10ksha66 (3.5 a)					
			B	10ksh124 (2 a)		10kshb66 (1.5 a)			
			C	10ksh044 (1.5 a)		10ksh036 (1.5 a)			
			D	10ksh073 (0.5 a)		10ksh075 (2 a)		10kshd66 (1 a)	

Tabelle 1

Plazierung, Kodierungen, Expositionszeit und Entnahmetermine der Substratplatten aus 20m Tiefe

			12.1992	07.1993	11.1993	04.1994	12.1994	07.1995	02.1996	06.1996
N o r d e n	vertikal	Beton	A	20bnv073 (0.5 a)			20bnv075 (2 a)		20bnva76(1 a)	
			B		20bnv044(1.5 a)			20bnv026 (1.5 a)		
			C		20bnv124 (2 a)			20bnvc76 (1.5 a)		
			D				20bnvd76 (3.5 a)			
		Koralle	A	20knv073 (0.5 a)			20knv075 (2 a)		20knva76 (1 a)	
			B		20knv044 (1.5 a)			20knv026 (1.5 a)		
			C		20knv124 (2 a)			20knvc76 (1.5 a FEHLT)		
			D				20knvd76 (3.5 a)			
	horizontal	Beton	A				20bnha76 (3.5 a)			
			B		20bnh124 (2 a)			20bnhb76 (1.5 a)		
			C		20bnh044 (1.5 a)			20bnh026 (1.5 a)		
			D	20bnh073 (0.5 a)			20bnh075 (2 a)		20bnhd76 (1 a)	
		Koralle	A				20knha76 (3.5 a)			
			B		20knh124 (2 a)			20knhb76 (1.5 a)		
			C		20knh044 (1.5 a)			20knh026 (1.5 a)		
			D	20knh073 (0.5 a)			20knh075 (2 a)		20knhd76 (1 a)	
S ü d e n	vertikal	Beton	A	20bsv073 (0.5 a)			20bsv075 (2 a)		20bsva66 (1 a)	
			B		20bsv044 (1.5 a)			20bsv026 (1.5 a)		
			C		20bsv124 (2 a)			20bsvc66 (1.5 a)		
			D				20bsvd66 (3.5 a)			
		Koralle	A	20ksv073 (0.5 a)			20ksv075 (2 a)		20ksva76 (1 a)	
			B		20ksv044 (1.5 a)			20ksv026 (1.5 a)		
			C		20ksv124 (2 a)			20ksvc76(1.5 a FEHLT)		
			D				20ksvd76 (3.5 a)			
	horizontal	Beton	A				20bsha76 (3.5 a)			
			B		20bsh124 (2 a)			20bshb76 (1.5 a)		
			C		20bsh044 (1.5 a)			20bsh026 (1.5 a)		
			D	20bsh073 (0.5 a)			20bsh075 (2 a)		20bshd76 (1 a)	
		Koralle	A				20ksha76 (3.5 a)			
			B		20ksh124 (2 a)			20kshb76 (1.5 a)		
			C		20ksh044 (1.5 a)			20ksh026 (1.5 a)		
			D	20ksh073 (0.5a)			20ksh075 (2 a)		20kshd76 (1 a)	

Tabelle 2

### 2.1.2.3 Bivalvenklappen als Substrate für Bryozoa

Bryozoa gehörten zu den ersten Formen benthischer Besiedler auf den Testsubstraten. In Bezug auf den Flächenanteil an der Besiedlung waren Bryozoa die mit Abstand dominierende Organismengruppe und verdienen daher besondere Aufmerksamkeit. Einige Arten dieses taxonomisch anspruchsvollen Stammes verfügen über spezifische Anpassungen, die zum einen Habitatcharakteristika indizieren, zum anderen über komplexe synökologische Vernetzungen die weitere Besiedlung durch Scleractinia mit steuern (vgl. VAN MOORSEL 1985).

Zur Erfassung des Arteninventars wurden neben den Substratplatten Muschelketten in unterschiedlichen Tiefen exponiert. Die Muschelketten wurden aus Bivalvenklappen hergestellt, die am Spülsaum im Bereich der MSS gesammelt wurden. Es wurden Klappen der Arten *Marcia calipyga*, *Marcia hiantina* (Veneridae) sowie *Brachidontes variabilis* (Mytilidae) verwendet. Jeweils 15 zweiklappige Schalen wurden um das Ligament herum auf ein Takelgarn geknotet und mit einem Tropfen Silikon gesichert. Es wurden nur Schalen verwendet, die unbesiedelt und sauber waren. Jeweils zwei dieser Ketten wurden zwischen den Streben der Plattengestelle in der Wassersäule ca. 60 cm über dem Riffkörper aufgehängt (Abb. 20). Jeweils eine der Ketten wurde innerhalb eines Maschendrahtzylinders aufgehängt und so vor Fischfraß geschützt. Entsprechend der Position der Plattengestelle wurden Ketten in 10 und 20 m Tiefe installiert. Darüber hinaus wurde jeweils eine Kette in 30 und 40 m Tiefe zwischen Korallenstöcken aufgehängt. Nach drei Monaten wurden die Ketten entnommen, getrocknet und unter dem Binokular untersucht. In Zweifelsfällen wurden Proben unter dem Rasterelektronenmikroskop analysiert und bestimmt.



**Abbildung 20:** Muschelkette unter Plattengestell ohne Fraßschutzkäfig.

Zusätzlich wurden entlang eines Tiefentransekts von 0 bis 50m Wassertiefe alle 10 m Korallenbruchstücke gesammelt und auf Besiedlung durch Bryozoen untersucht. Die Daten dieser Erhebung ergänzten die Ergebnisse der Muschelketten.

## 2.2 Transplantationsexperimente

Die Etablierung von Gerüstbildnern ist eine der kritischen Größen bei der Initialisierung von Protoriffgemeinschaften auf künstlichen Substraten. Der langfristige Erfolg einer neu geschaffenen künstlichen Riffstruktur hängt nicht zuletzt davon ab, ob sich, zu einem möglichst frühen Stadium, Gerüstbildner auf der Struktur etablieren und so dem „Riffkriterium“ einer selbstwachsenden Struktur zu entsprechen (SCHUHMACHER 1982, 1984, 1996). Neben der Optimierung der Substratbedingungen und der Steuerung der Weideintensitäten kann die Transplantation von Steinkorallen eine begleitende Maßnahme sein, die besonders bei der Rehabilitation von Riffarealen mit geringer Larvenverfügbarkeit relevant ist (AUBERSON 1982, CLARK & EDWARDS 1995, YAP 2000). Während die Verpflanzung von adulten Kolonien in der Regel auf das Einbringen von Larvenquellen in die Untersuchungsfläche zielt, kann die vegetative Vermehrung von Korallen mittels Fragmentation und anschließender Transplantation dieser Bruchstücke auf Substrate verödeter Areale zu direktem Neubesatz und damit zur Bestandserholung herangezogen werden.

Bei der elektrochemischen Akkretion von Kalkmineralien entstehen an der Interphase Akkretion / Meerwasser im Vergleich zum Medium erhöhte pH- Werte. Wenngleich die Ausbildung dieser pH- Erhöhung aufgrund der guten Puffereigenschaften von Meerwasser auf die unmittelbare Grenzschicht beschränkt bleibt, mußte davon ausgegangen werden, daß Korallenkolonien oder Fragmente, die in diesen pH- Bereich eingebracht werden, lokale Gewebenekrosen zeigen würden. Trotz dieser „Kontraindikation“ wurden Experimente entwickelt, um die Eignung der ERCON- Technologie für die Transplantation von lebenden Steinkorallen im Feld zu testen (vgl. CLARK 1997)

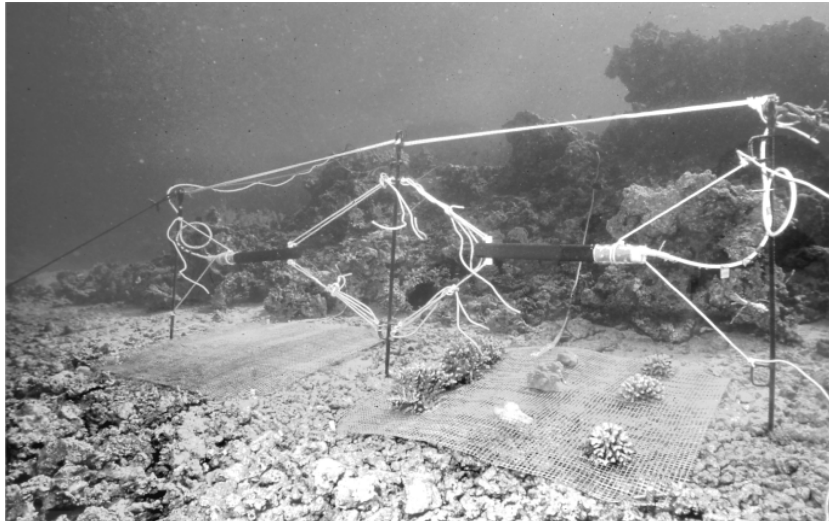
### 2.2.1 Transplantation von adulten Korallenkolonien

Die ersten Versuche zur Transplantation von Steinkorallen simultan zur elektrochemischen Mineralakkretion wurden mit adulten Kolonien durchgeführt.

Als Folge einer Schiffshavarie war die lebende Korallenbesiedlung eines Vorriffareals durch den Schiffsrumpf abgesichert und zu Korallenschutt zermahlen worden (mündl. Mitteilung AL MOGHRABI, zur Lage siehe Kap. 3.5) Die so entstandene Fläche zeigte auch nach fünf Jahren noch keine Wiederbesiedlung durch Steinkorallen (vgl. CURTIS 1985; GRITTINGS et al. 1988, DONE et al. 1991). Auf der annähernd horizontalen Fläche wurden zwei Maschendrahtquadrate von je 1m<sup>2</sup> ausgelegt und mit Stahlstiften im Korallenschutt fixiert (Abb. 21). Auf eines der Quadrate wurden je drei Kolonien von *Stylophora pistillata*, *Porites columnaris* und *Arcopora hemprichi* mit jeweils etwa 20 cm Durchmesser transplantiert. Der Draht wurde aufgeschnitten und die Kolonien wurden in den Draht eingepasst (Abb. 22).

Es wurde darauf geachtet, daß das Drahtgewebe an den Kolonien anlag. Alle drei Arten wurden aus der unmittelbaren Umgebung der Strandungsstelle entnommen, wo sie häufig und zum Teil aspekt-bildend sind (*Acropora hemprichi*). Die *Porites columnaris*- Transplantate entstammen alle einer Mutterkolonie und sind daher

monoklonal. Das zweite Quadrat diente als Kontrolle.



**Abbildung 21:**  
Strandungsstelle mit Prototyp  
des Versuchsaufbaus zu  
Korallentransplantation.

Des weiteren wurde eine Testfläche von 1 m<sup>2</sup> mit Leinen markiert um etwaige Spontanbesiedlung auf nicht bestromten Flächen durch Korallenlarven dokumentieren zu können.

Die beiden Maschendrahtquadrate wurden über je ein Photovoltaikpaneel vom Strand aus mit Strom versorgt. Als Anode dienten Graphitstäbe (vgl. Kap. 2.1.1.2), die horizontal über den Flächen angeordnet wurden. Die Leistung der Photovoltaikpaneele wurde unregelmäßig an die Elektroden angelegt und für acht Wochen bestromt (Zur Leistung der Photovoltaikpaneele siehe Kap. 2.1.1.3)

Die transplantierten Kolonien zeigten nach acht Wochen keine Nekrosen und die Akkretion verzementierte die Kolonien mit dem Untergrund. Nach Abschalten des

Stromes begann Gewebe der Kolonie auf die Akkretion aufzuwachsen, so daß entgegen der Vermutung von SCHUHMACHER & SCHILLAK (1994) eine Transplantation von Korallen simultan zu der elektrochemischen Mineralakkretion möglich erscheint.



**Abbildung 22:** Testfläche mit  
transplantierten Korallen.  
Oben: *A. hemprichi*  
Mitte: *P. columnaris*  
Unten: *St. pistillata*

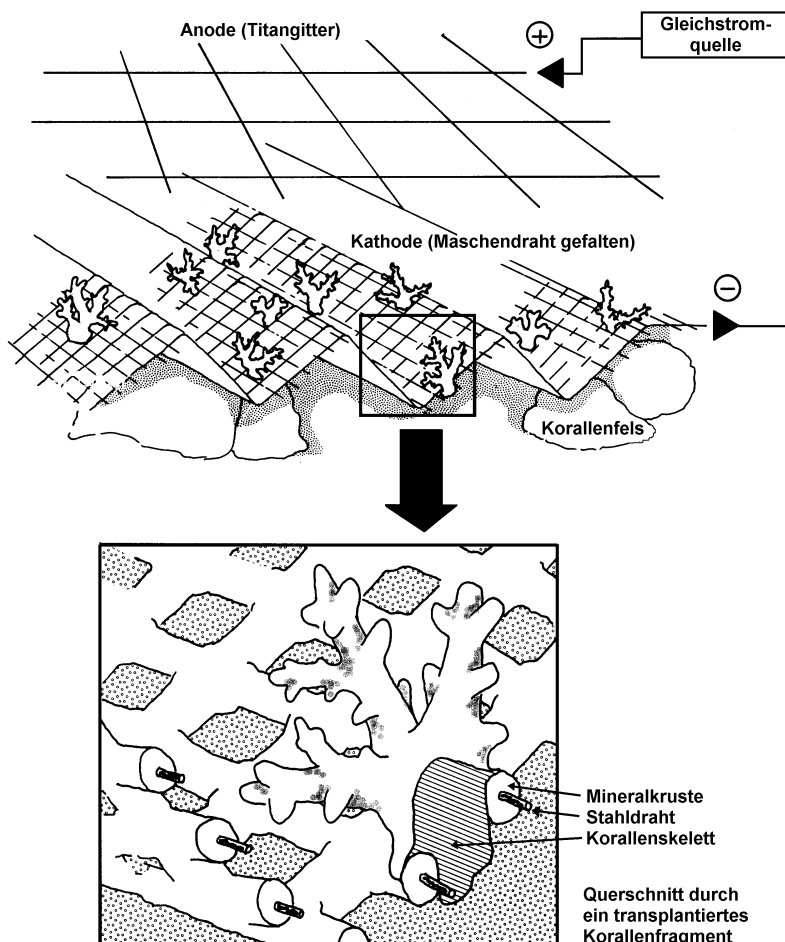
## 2.2.2 Transplantation von Korallenfragmenten

Die vielversprechenden Ergebnisse der Experimente zur Transplantation von adulten Kolonien (Kap. 2.2.1) waren Ansporn und Grundlage, die Methode auch mit kleineren Korallenfragmenten zu testen.

In 1, 6, 12 und 18 m Wassertiefe wurde je eine Testfläche (TF) installiert. Jede TF bestand aus 3 m<sup>2</sup> unverzinktem Maschendraht, entsprechend einer kathodisch aktiven Oberfläche von 1.8 m<sup>2</sup> (0,6 m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Maschendraht).

Auf Grund der Vorerfahrungen mit weidenden Fischen bei den EES- Zylindern wurde bei dieser Versuchserie der Maschendraht vor dem Ausbringen wie eine Ziehharmonika gefaltet. Die Faltenstruktur schafft Kerben, so dass weidenden Fischen, Echinodermen und Gastropoden der Zugang zu der Substratoberfläche erschwert wird. Das Drahtgewebe (1 x 3 m) wurde gefaltet und danach wieder auf 1,5 m Länge ausgezogen, so daß jede Testfläche ca. 1,5 m<sup>2</sup> weitgehend unbesiedelter Rifffläche abdeckte. Die TFn wurden soweit als möglich horizontal ausgerichtet und in die natürliche Rifftopographie eingepasst (Abb. 23 -25). Die Maschendrahtmatte wurde mit Bindendraht an einigen Stellen provisorisch am Riffkörper fixiert. In unmittelbarer Nähe der jeweiligen TFn wurden adulte Korallenkolonien gesammelt und in fingergroße Fragmente (Nubbins) zerbrochen (vgl. BIRKELAND 1976; SPENCER-DAVIES 1995). Andere Untersuchungen konnten

zeigen, daß die Überlebensraten von Korallenfragmenten mit der Größe der Fragmente positiv korrelieren (KOJIS & QUINN 1981). Für die Versuche wurden Nubbins mit 5- 8 cm Zweiglänge verwendet. Krustose Formen wurden als Fragmente von mindestens 8 cm<sup>2</sup> eingesetzt.



**Abbildung 23:** Schematische Darstellung des Transplantationsprinzips unter Verwendung der elektrochemischen Mineralsakkretion (verändert nach VAN TREECK & SCHUHMACHER 1997)

Jede TF wurde mit 100 Nubbins bestückt. Pro TF wurden vier verschiedene Arten transplantiert mit jeweils 25 Replikaten. Die Auswahl der Arten erfolgte auf der Basis der Artenzusammensetzung in der Nähe der TFn (vgl. Tabelle 3). Die meisten der verwendeten Arten sind einschlägig bekannt für ihr hohes Regenerationspotential und bilden auch unter natürlichen Bedingungen aus Bruchstücken neue Kolonien (Koijs & Quinn 1981, Highsmith 1982, Übersicht bei Harrison & Wallace 1990).

Im Falle der verzweigten Arten (*Acropora variabilis*, *Acropora squarrosa*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*) wurden die Korallenäste in der Regel einfach in die Maschen des Drahtes gesteckt. Waren die Korallenäste zu dick, wurde der Maschendraht mittels eines Seitenschneiders soweit aufgetrennt, daß auch diese Transplantate guten Halt hatten. Desgleichen wurde mit den Fragmenten der krustigen Arten (*Pavona varians*, *Montipora danae*) verfahren.

	TF -1m	TF -6m	TF -12m	TF -18m
<i>Stylophora pistillata</i>	25	25	25	25
<i>Pocillopora damicornis</i>	25	25		
<i>Acropora variabilis</i>	25	25	25	25
<i>Acropora squarrosa</i>			25	25
<i>Montipora danae</i>			25	
<i>Pavona varians</i>	25	25		25

**Tabelle 3:** Artenzusammensetzung und Anzahl der auf den jeweiligen TFn eingesetzten Korallenfragmente.

Nach der Bestückung des Maschendrahtes mit Korallenfragmenten wurde pro TF ein Anodengitter von 1m<sup>2</sup> in etwa 20cm Abstand zur Kathode über den TFn installiert (Zur Beschreibung der Anode siehe Kap. 2.1.1.4).

Jede Maschendrahtfläche wurde über abgedichtete PVC Kabel mit der Stromversorgung im Kompressorraum der MSS verbunden. Für jede TF waren 300m Kabel erforderlich, 150m Zuleitung zur Anode und entsprechend 150m Ableitung von der Kathode. Jede TF wurde mit 5 A bei 9.8V für 18h d<sup>-1</sup> über einen Zeitraum von 3 Monaten bestromt. (Die Pause von 6 h war erforderlich um thermische Schädigungen am Transformator während der heißesten Stunden des Tages zu vermeiden.)

Nach Ablauf der Bestromungsphase wurden Anoden und Kabel demontiert.



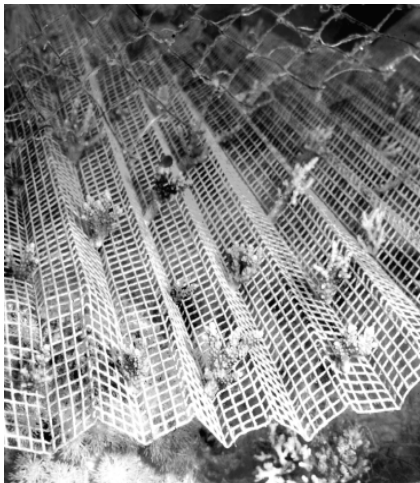
Die Entwicklung von Chlorgas an der Anode führte zu starken Korrosionen an der Isolation zu den Halteseilen, teilweise sogar zur Auflösung der Befestigungselemente und zum Herabfallen der Anode auf die Kathode. Im günstigsten Fall wurde das elektrische Feld inhomogen auf eine kleine Fläche fokussiert, im ungünstigsten Fall entstand ein Kurzschluß und die Präzipitation wurde unterbrochen. Nach Versuchen mit verschiedenen Materialien gelang es dauerhafte PTFE-Verschraubungen zu konstruieren. Diese zeigten keine Materialauflösung mehr und waren darüber hinaus sehr viel komfortabler zu handhaben als die herkömmliche Befestigung mit ummantelten Polyamidseilen.



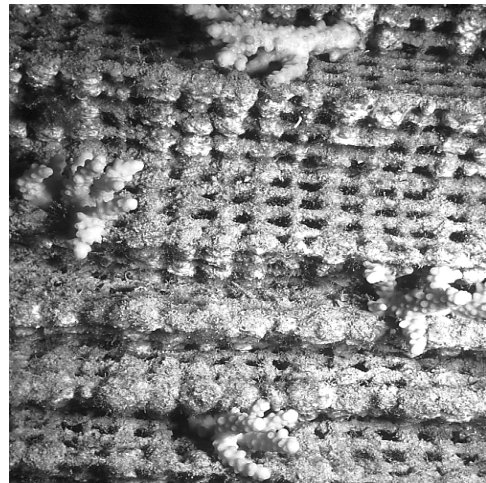
**Abbildung 24:** Taucher beim Auslegen einer Testfläche.



**Abbildung 25:** Seitenansicht einer Testfläche mit Korallentransplantaten.



**Abbildung 26:** Testfläche nach 2 wöchiger Bestromung.



**Abbildung 27:** Testfläche nach 3 monatiger Bestromung.

### 2.2.3 Modellriff

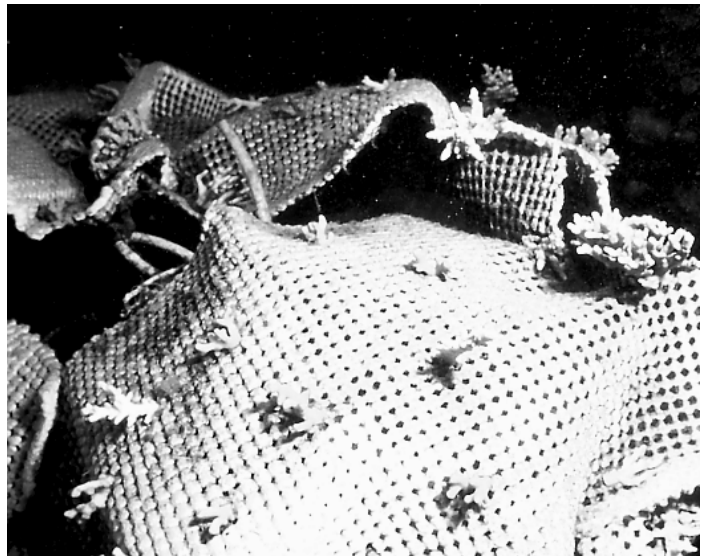
Das sog. „Modellriff“ wurde als eine Machbarkeitsstudie konzipiert. Im Modellmaßstab sollte die *in situ* Erzeugung von komplexen Strukturen unter Verwendung von Altmaterialien in Kombination mit der simultanen Transplantation von Korallenfragmenten erprobt werden.

Auf dem Sandgrund in 18 m Tiefe unmittelbar vor dem steil aufragenden Riffkörper des Nordriffes (siehe Abb. Karte Kap. 3) wurden Stahlteile und Maschendraht zu einer komplexen Struktur zusammengesetzt (Abb. 28). Die einzelnen Bauteile wurden elektrisch miteinander verbunden. Zwei getrennte Titananoden wurden so über dieser Struktur platziert, daß eine möglichst gleichmäßige Feldentwicklung gewährleistet war. Es wurde mit  $2 \times 5 \text{ A}$  bei  $9.5 \text{ V}$  für  $18 \text{ h d}^{-1}$  bestromt. Nach zwei Wochen wurde die Position der Anoden erneut ausgerichtet und danach für weitere sechs Wochen bestromt.

100 Korallenfragmente der Arten *Acropora variabilis*, *Acropora squarrosa*, *Stylophora pistillata* wurden auf das "Modellriff" transplantiert (Abb. 29).



**Abbildung 28:** Modellriff in 18 m Wassertiefe



**Abbildung 29:** *Stylophora pistillata*- und *Acropora squarrosa*- Transplantate auf Modellriff.

## 2.3 Experimente zur Quantifizierung des Weidedrucks auf Riffsubstrate und deren Bioerosion

Der Weidedruck auf die angebotenen Substratflächen wurde sowohl direkt als auch indirekt untersucht:

Direkt - durch Videoaufzeichnung des Weidegeschehens im Tagesverlauf

Indirekt - über die Messung des biogenen Abtrags von den Korallenskelettsubstraten.

### 2.3.1 Zeitraffer Videomonitoring an den Platten in 10m Tiefe

Die Weideaktivitäten herbivorer Fische wurden mit Hilfe einer Zeitraffervideokamera untersucht. Die Aufständigung der Plattengestelle schloß die Beweidung der Substrate durch Seeigel aus. Fische wurden jedoch regelmäßig weidend an den Gestellen beobachtet. In Zusammenarbeit mit der Elektronikwerkstatt der Universität Essen wurde eine vollautomatische Intervallschaltung für eine Unterwasser- SVHS Videokamera entwickelt. Das System wurde zur Überwachung und Quantifizierung des Weidedrucks durch Fische eingesetzt.

In einem Abstand von 2.5 m zum Plattengestell in 10 m Tiefe wurde ein Stativ aufgestellt. Die Kamera wurde vor Morgengrauen auf dem Stativ platziert und nach Sonnenuntergang geborgen (Abb. 30). Die Intervallschaltung wurde so eingestellt, das alle 2 Minuten, eine Sequenz von 2 Sekunden Dauer aufgezeichnet wurde. Der gewählte Bildausschnitt deckte jeweils die gesamte Substratfläche (120 x 90 cm) ab.



Aufgrund des erhöhten Risikos eines Wassereinbruchs aufgrund des höheren Umgebungsdrucks wurde auf eine Installation und Beobachtung des Gestells in 20 m Tiefe verzichtet.

Die Durchführung der Experimente erwies sich insgesamt als problematisch, da zum einen die geringe Kapazität der Kameraakkumulatoren den Dauereinsatz auf maximal 12 Stunden limitierte und zum anderen immer wieder Übertragungsprobleme zwischen Steuerung und Kamera auftraten.

**Abbildung 30:** Videokamera vor dem Plattengestell in 10 m Tiefe.

Dennoch konnten innerhalb einer Woche jeweils ein kompletter Tagesgang des Weidegeschehens auf den horizontalen Substraten und über den vertikalen Substraten aufgezeichnet werden. Beide Tagesgänge beziehen sich auf die besonnten (S) Seiten der Substrate. Die gute Bildauflösung des SVHS- Systems erlaubte die Ansprache der weidenden Ichthyofauna auf Artniveau. Darüber hinaus war es möglich, zwischen fraßaktiven Fischen und überschwimmenden Fischen zu unterscheiden.

Jede der jeweils 360 Sequenzen pro Tagesgang wurde einzeln ausgewertet. Gezählt wurden nur Fische, die eindeutiges Fraßverhalten zeigten. Gemäß dem Intervallraster repräsentiert eine 2- Sekunden- Sequenz das Geschehen über den Substraten von zwei Minuten. Zeigt eine Sequenz einen weidenden Fisch, geht dieser mit zwei "Weideminuten" in die Rechnung ein, Sequenzen die keinen Fisch zeigten wurden ebenfalls als repräsentativ für zwei Minuten Echtzeit gewertet. Die Summe der Weideaktivitäten wird als Fraßminuten pro Art pro Stunde quantifiziert. Wenn mehrere Individuen einer Art während einer Stunde fressend über den Substraten angetroffen wurden, werden folgerichtig mehr als 60 Fraßminuten pro Stunde und Art registriert. Auf diese Weise lassen sich sowohl generelle Aktivitätsmuster herbivorer Fische darstellen, als auch artspezifische Aktivitätsmuster erfassen.

Darüber hinaus war es möglich zu unterscheiden, welche Substrattypen von welchen Herbivoren bevorzugt beweidet wurden.

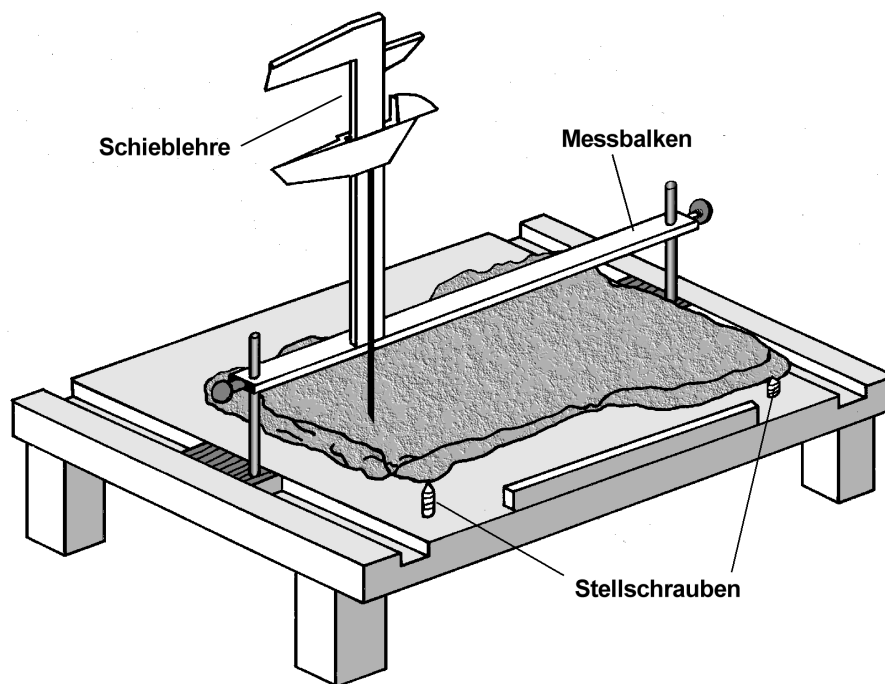
### 2.3.2 Messung der Bioerosion von Korallenskelett- Substraten

Für die Wiederbesiedlungsversuche wurden neben Betonplatten und elektrochemisch erzeugten Substraten auch gesägte Platten aus dem Skelett der Steinkoralle *Favia fava* zur Besiedlung angeboten (vgl. Kap. 2.1.2).

Eine große Kolonie der Art *Favia fava* ( $\varnothing$  ca 70 cm) wurde in Platten von 150 x 300 mm bei einer Dicke von 26,5 mm geschnitten. Jeweils zwei dieser Platten wurden zu einer quadratischen Besiedlungsplatte zusammengefügt und nebeneinander in die Expositionsgestelle gelegt. Das Design erlaubte die Besiedlung und so auch die Bioerosion sowohl der dem Licht zugewandten Seite (S= Süden) als auch der beschatteten Seite (N= Norden). In jeder Orientierung (Horizontal = H und vertikal = V) wurden 1800 cm<sup>2</sup> zur Besiedlung angeboten, 900 cm<sup>2</sup> davon belichtet, die andere Hälfte beschattet.

Zusätzlich zur Beobachtung der Besiedlungssukzession wurden Plattensätze nach 1,5-, 2- und 3,5- jähriger Expositionszeit im Hinblick auf biogene Abträge vermessen. Die getrockneten Platten wurden vermessen und der Abtrag als Differenz der Ausgangsdicke der Platten zur verbleibenden Restdicke der Platten bestimmt. Diese

Messung war möglich, da die Platten maschinell exakt auf 26,5 mm Dicke geschnitten waren.



**Abbildung 31:**  
Meßapparatur zur  
Bestimmung des  
Materialabtrags von  
den Korallenskelett-  
substraten.

Für die differenzierte Messung des biogenen Abtrags von den belichteten und beschatteten Seiten der jeweiligen Platten wurde, eine Messapparatur konstruiert, die es erlaubte, den Bezugshorizont für die Messung unabhängig von der bei Versuchsende noch vorhandenen Materialstärke entsprechend der ursprünglichen Materialstärke einzustellen (Abb. 31).

Mit Hilfe der Stellschrauben wurden die Skelettplatten so ausgerichtet werden, daß der Messbalken exakt 55 mm über dem Horizont der ursprünglichen Plattendicke lag. Mit Hilfe einer Schieblehre ließ sich die Strecke zwischen der Plattenoberfläche und dem Messbalken ermitteln. Der Abtrag entspricht der gemessenen Strecke abzüglich der eingestellten Eichung von 55mm. Negative Werte deuten auf die Besiedlung durch Muscheln oder andere krustenbildende Benthosorganismen hin.

Jede Plattenhälfte wurde entlang von 7 Reihen die mit einem Abstand von 50mm zueinander über die Plattenhälfte verteilt wurden jeweils alle 10mm gemessen. Hierdurch ergab sich ein Punktraster von 112 Meßpunkten pro Plattenhälfte entsprechend 224 Meßpunkten pro Plattenseite.

Für die weitere Auswertung wurden zwei getrennte Datensätze erzeugt. In den Datensätzen zur sog. Bruttoerosion werden die gemessenen Daten unbereinigt verwendet, in die als Nettoerosion bezeichneten Datensätze gehen negative Werte mit dem Abtragswert 0,0 mm ein.

Die ermittelten Werte [mm pro Jahr] wurden über die mittlere Skelettdichte für Faviiden in Mengen abgetragenen Materials [ $\text{g m}^{-2}$ ] umgerechnet. Die Skelettdichte von Faviiden wurde von HUGHES mit  $1,4\text{g cm}^{-3}$  bewertet (HUGHES 1987). Auf diese Weise ließen sich die ermittelten Erosionsraten mit Daten zur Karbonatproduktion vergleichen.

Die gemessenen Bioerosionsraten basieren auf Experimenten mit planen Substratoberflächen, also Verhältnissen, die in natürlichen Riffen nur in Ausnahmefällen anzutreffen sind. Darüber hinaus besteht ein natürliches Riff zu erheblichen Anteilen aus Korallensand und lebenden Korallen oder anderem Benthos, so daß nur ein Bruchteil der in eine Ebene projizierten Rifffläche der Erosion ausgesetzt ist. Andererseits ist die Riffoberfläche als Abwicklung eines komplexen, dreidimensionalen Körpers um ein Vielfaches größer als die entsprechende Flächenprojektion. Zur Simulation des Weidedrucks auf ein natürliches Riff im Untersuchungsgebiet wurden die gemessenen Werte auf die Bedingungen im betreffenden Gebiet umgerechnet. Die Berechnung geht von 40 % beweidbarer Oberfläche aus (vgl. MERGNER & SCHUHMACHER 1981, KROLL 1990), die Streckung des Riffprofiles in eine Ebene resultiert in einer Verdoppelung der Oberfläche (HASSAN in DULLO et al 1995) und der Annahme, daß 80% dieser Fläche für weidende Fische zugänglich sind (vgl. auch DAHL 1973).

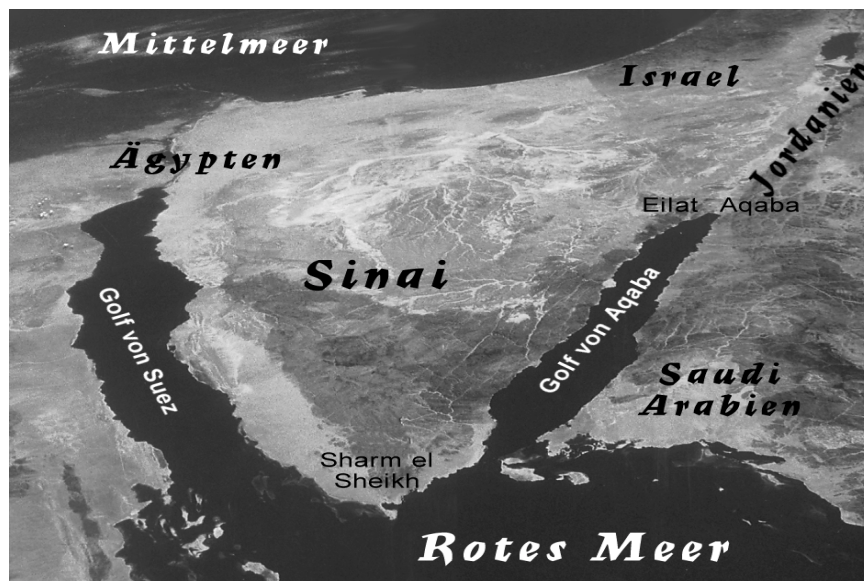
Es ergibt sich ein Korrekturfaktor von 0,64 mit dem die gemessenen Erosionsraten zu multiplizieren sind, um die Ergebnisse auf die Verhältnisse im betreffenden Vorriffareal zu übertragen. Die Angaben zur Karbonatbilanz wurden unter Verwendung dieses Korrekturfaktors errechnet.

### 3 Untersuchungsgebiet

#### 3.1 Das Rote Meer

Das Rote Meer zählt zu den interkontinentalen Mittelmeeren, die in charakteristischer Weise durch hoch aufragende Schwellen von den benachbarten Ozeanen abgetrennt sind. Die hydrographischen Bedingungen innerhalb dieses 2200 km langen, 250 bis 350 km breiten und bis zu 2920 m tiefen Gabenbruches werden zum einen durch die geomorphologische Situation, zum anderen durch extreme Klimate innerhalb eines Wüstenstandortes geprägt (WONG & DEGENS 1980).

Das Rote Meer entstand vor etwa 70 Mio. Jahren durch das Auseinanderweichen der präkambrischen afrikanischen und arabischen Platten (WONG & DEGENS 1980). Der in ENE-WSW- Richtung verlaufende Grabenbruch verfügte ursprünglich noch über eine Verbindung zur Tethys, die jedoch im weiteren Verlauf der Entwicklung durch Hebungen unterbrochen wurde. Während die Platten bis heute in ost-westlicher Richtung auseinanderdriften, entstehen entlang der Längsachse des Grabens unterseeisch junge ozeanische Krusten. Vor diesem Hintergrund wird das Rote Meer heute gelegentlich als Modell eines "embryonalen Ozeans" bezeichnet (GOHAR 1956; Ross 1979)



**Abbildung 32:**  
Satellitenbild des nördlichen Endes des Roten Meeres. Der Golf von Aqaba - als östlicher Seitenarm - markiert den Eingang zu einem Grabenbruch, der sich durch das Jordantal und das Tote Meer bis zum Taurusgebirge hinzieht. (Quelle Internet, verändert)

Bis ins Miozän werden die Fazies des Roten Meeres von mediterranen Faunenelementen und Evaporitlagern geprägt. Ab dem Pliozän finden sich erstmalig indo-pazifische und ozeanische Faunenelemente in den marinen Sedimenten als Folge der Öffnung des Rotmeerbeckens zum Indischen Ozean. Diese Verbindung entstand vor etwa 5 Mio. Jahren in Gestalt der Straße von Bab el Mandeb. Heute ist die Straße von Bab el Mandeb 29 km breit und steigt an der flachsten Stelle bis 130 m unter die Wasseroberfläche auf. Über die hydrographischen Verhältnisse während des Pleistozäns liegen bislang nur fragmentarische Bearbeitungen vor. Ausführliche Darstellungen der geomorphologischen Geschichte des Roten Meeres finden sich u. a. bei WONG & DEGENS (1980), BRAITHWAITE (1987) und SHEPPARD et al. (1992).

### **3.2 Der Golf von Aqaba**

Der Golf von Aqaba ähnelt in Bezug auf Entstehung, Geomorphologie und Hydrographie dem Hauptbecken des Roten Meeres. Als östlicher Seitenarm des Roten Meeres stellt er eine Verlängerung des vorderasiatisch-afrikanischen Grabensystems dar, welches sich von Tansania durch Äthiopien bis ins Rote Meer und weiter in den Golf von Aqaba, das Tote Meer und durch das Jordantal bis hin zum Taurusgebirge verfolgen läßt. Eine ausführliche Beschreibung findet sich bei FRIEDMANN (1985) und BRAITHWAITE (1987).

Die Verbindung zum Roten Meer besteht über die Straße von Tiran. Der Hauptwasseraustausch vollzieht sich über die ca. 1300 m breite und 252 m tiefe Enterprise Passage, die kleinere Grafton Passage ist nur 850 m breit und der Meeresboden steigt hier auf 84 m an. Wie für das Hauptbecken des Roten Meeres beschrieben, so prägt die trogartige Beckenmorphologie und das Wüstenklima die Hydrographie des Golfes von Aqaba. Durch den geringen Wasseraustausch mit dem Hauptbecken und hohe Verdunstungsraten von bis zu  $4,2 \text{ m a}^{-1}$  (ANATI 1980) steigt die Salinität des Oberflächenwassers auf Werte bis zu 40,8 ‰ an (DEACON 1952).

Die Strömungsverhältnisse im nördlichen Golf von Aqaba sind bisher nur ungenügend bekannt. KLINKER et al. (1976) geben für die oberflächen- nahen Schichten des Wasserkörpers eine horizontale Zirkulation gegen den Uhrzeigersinn an, die aus der Corioliskraft resultieren soll. Im Bereich der Korallenriffe werden die kleinskaligen Strömungsmuster von anderen Parametern wie Küstenmorphologie, Gezeiten sowie Windstärke und -richtung geprägt.

Die Gezeiten des Golfes von Aqaba zeigen zumeist eine halbtägige Rhythmik (HULINGS 1989) mit einer Spring- Amplitude von ca. 1 m und einer Nipp- Amplitude von etwa 0,5 m. Überlagert werden diese täglichen Gezeiten durch die im Jahreszyklus etwa um 1 m schwankenden Wasserstände, die in Beziehung zur vorherrschenden Windrichtung des Monsuns im Gebiet des Indischen Ozeans stehen. Bei vorwiegend südwestlicher Richtung während des Sommers (Juni-Oktober) entsteht im Indischen Ozean eine windgetriebene Wasserbewegung nach Osten, die zu einem Nettostrom von Wasser aus dem Roten Meer und so zum Sinken des Wasserspiegels führt. Hierdurch kommt es regelmäßig zum Trockenfallen von Riffdachbereichen.

Die vorherrschenden Windrichtungen im Golf von Aqaba sind nördlich (N: 38%, NNE: 47% der Zeit) (Jordan Meteorological Department, aus HULINGS 1989). Bei Aqaba wurden von 1966-1980 im Jahresmittel Windstärken von  $8,6 + 1,1 \text{ kn}$  (auf der Basis der monatlichen Mittelwerte) erreicht (Minimalwerte 7,2 kn im Februar, Maximalwert 10,5 kn im September). Südliche oder westliche Windrichtungen treten zeitlich sehr begrenzt zusammen mit durchziehenden Tiefdruckgebieten auf. Diese Wechsel des ansonsten relativ stabilen Windregimes sind oft gekennzeichnet durch die erhebliche Resuspension von Sedimenten aus den Leebereichen der Riffe.



Die mittleren Temperaturen des Oberflächenwassers schwanken im Jahresgang von 20,75 °C im Februar-März bis 26,68 °C im Juli-August bei einem Jahresmittel von 23,97 °C (PALDOR & ANATI 1979). Eigene Messungen ergaben lokal deutlich ausgeprägtere absolute Amplituden. Bei windarmen Wetterlagen im Hochsommer, die eine thermische Stratifizierung des Wasserkörpers erlauben, können Oberflächentemperaturen von mehr als 30 °C erreicht werden. Im ungewöhnlichen kalten Winter 1991/1992 wurden Oberflächentemperaturen von weniger als 17 °C gemessen.

Die Trogsituation eines tiefen Meeresbeckens ist in ihrer Bedeutung für die Biogeographie des Roten Meeres mehrfach beschrieben worden (z. B. MERGNER & SCHUHMACHER 1974, KLAUSEWITZ 1980)

Die beckenmorphologisch bedingte, partielle Isolation des Wasserkörpers im Golf Aqaba von der des Rotmeerbeckens durch die Schwelle von Tiran sowie die Maxisbedingungen aufgrund der vorherrschenden Windrichtung aus NE entlang der longitudinalen Achse des Golfes führen zu einer Umwälzung des Wasserkörpers von NE nach SW. Unter Annahme dieser Walzentheorie kommt es am Nordende des Golfes zur Aufwallung von Tiefenwasser, welches aber, im Gegensatz zu anderen Auftriebsgebieten, vergleichsweise warmes Tiefenwasser an die Oberfläche bringt und so während der Wintermonate zur Abdämpfung der Kälteamplituden beiträgt (vgl. MERGNER & SCHUHMACHER 1974). Schon die POLA-Expedition konnte ungewöhnliche hohe Tiefenwassertemperaturen für den Golf von Aqaba nachweisen.

Dieses longitudinal- vertikale Zirkulationssystem, charakterisiert durch den Zustrom warmen Tiefenwassers, dürfte erheblich zum Überleben der Steinkorallenbestände während der kalten Wintermonate beitragen. Die geographische Breite 29° N am Nordende des Golfes würde eine eher spärliche Korallenbesiedlung erwarten lassen, vergleichbar dem nördlichen Golf von Suez oder auch dem arabischen Golf.

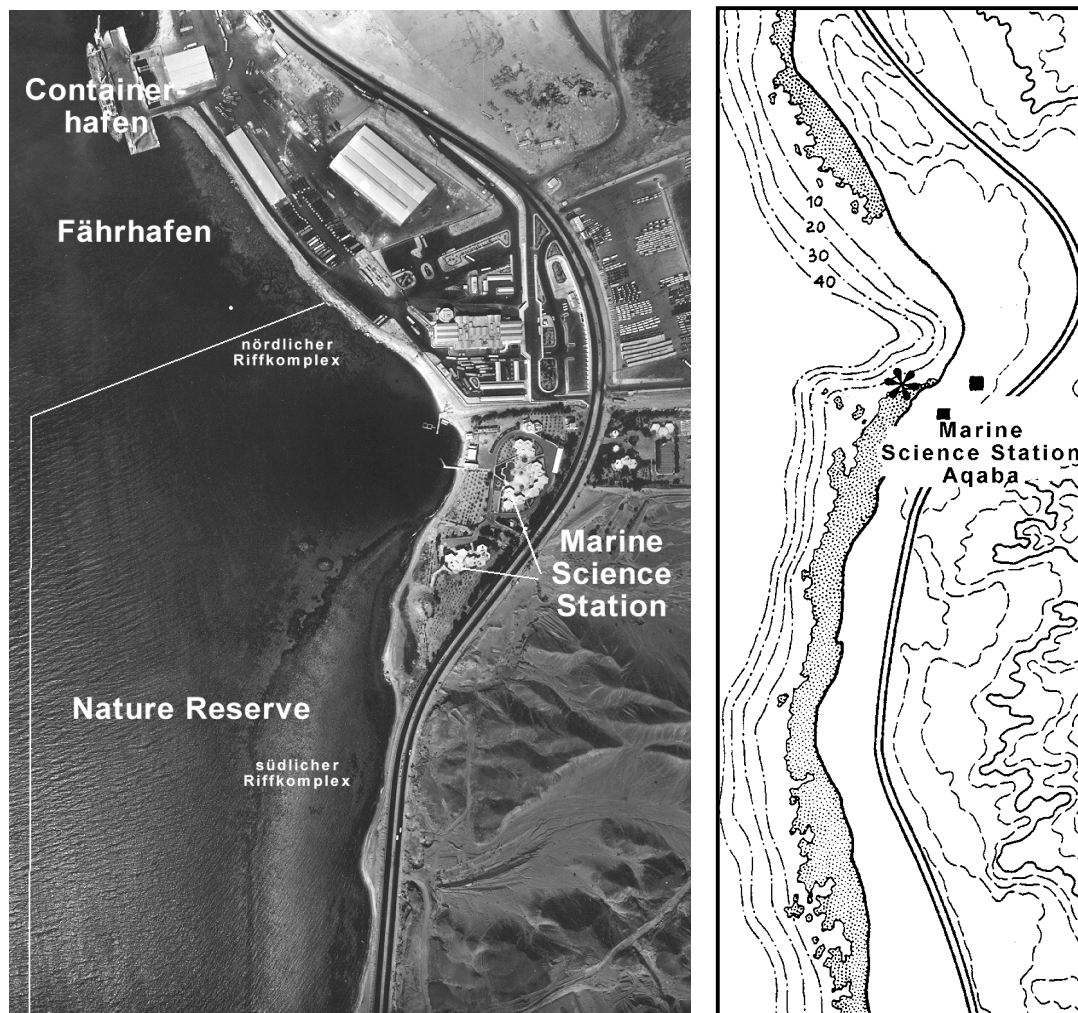
Die oben genannten Daten stammen im wesentlichen aus der umfangreichen Zusammenstellung von Forschungsergebnissen zu Geologie, Hydrographie, Tektonik und Biologie durch HULINGS (1989).

### **3.2 Die jordanische Küste**

Jordanien verfügt heute, nach einem Gebietstausch mit Saudi- Arabien, über eine Küstenlinie von etwa 25 km Länge. Die Nordspitze des Golfes mit den sandigen Buchten im Auslauf des Wadi Arava liegt im Stadtbereich selbst und wird vornehmlich touristisch genutzt (Hotels und Strände). Folgt man von Aqaba aus der Küstenstraße nach Süden, passiert man zunächst den alten Hafen mit Phosphatverladung.

In den letzten 20 Jahren wurden nach Süden bis hin zur Saudi- Arabischen Grenze zahlreiche neue Industrieanlagen angesiedelt. An den alten Hafen schließen sich etwa 1km weiter südlich die neuen Anlagen zur Getreide- und Zementverladung, der große neue Containerhafen sowie die Pier für die Fährschiffe nach Nuweiba an. In

der unmittelbar südlich angrenzenden Bucht (University Bay) liegt das Gelände der Marine Science Station Aqaba (MSS) von der aus sich das angrenzende Schutzgebiet ("Nature Reserve") nach Süden erstreckt (vgl. Abb. 31). Etwa in der Mitte dieses 1200 m langen Küstenabschnittes verlief die ehemalige Grenze zu Saudi Arabien.



**Abbildung 33:** Luftbild der Bebauungssituation des Küstenstriches um die Marine Science Station Aqaba 1994 im Vergleich zu einer Karte des selben Gebietes aus MERGNER & SCHUHMACHER 1974. (Luftbild A. Sharif (1994), mit freundlicher Genehmigung, Geological Society Jordan)

Weiter nach Süden folgen bislang unbebaute, sandige Buchten als Ausläufer der Wadis aus dem Küstengebirge (Hedschas). Zwischen einzelnen Buchten lassen sich noch gut die Züge gehobener pleistozänen Riffkörper mit Resten ihrer ursprünglichen Gliederung in Riffdach, Riffkanten und Hänge erkennen. Bis zur saudi-arabischen Grenze wechseln sich unbebaute Küstenstreifen mit industriell erschlossenen Bereichen des Kraftwerkes, Düngemittelfabrik, Ölverladung und schließlich der neuen Phosphatverladung ab.

Ein Vergleich der Karte aus MERGNER & SCHUHMACHER 1974 mit dem Luftbild (vgl. Abb. 31) zeigt beispielhaft die rasante Entwicklung der Region innerhalb der letzten Jahrzehnte. Die kurze Küstenlinie bedingt die räumliche Nähe unterschiedlicher Nutzungsformen mit z. T. erheblichem Konfliktpotential im Spannungsfeld

Entwicklung versus Naturschutz. Der Einfluß von Baumaßnahmen im Zuge der Errichtung des Container- Hafens nördlich der MSS ließ sich anhand von Langzeitbeobachtungen benthischer Siedlergemeinschaften auch innerhalb des Nature Reserves nachweisen (MERGNER et al. 1994)

### **3.4 Die Riffe bei Aqaba**

Entlang der jordanischen Küste finden sich Saumriffe überall dort, wo sie nicht regelmäßig durch Sedimenteinträge aus den einmündenden Wadis verschüttet werden. Einer der breitesten Riffdachbereiche mit schwach ausgeprägter, kleiner Rückrifflagune findet sich innerhalb des "Nature Reserve" südlich der MSS. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in MERGNER & SCHUHMACHER (1974) sowie MERGNER (1979).

Alle Experimente der vorliegenden Untersuchung wurden innerhalb des "Nature Reserve" vor der MSS durchgeführt. Die Beschreibung beschränkt sich daher auf eine kurze Charakterisierung speziell dieser Riffareale.

Das Wadi, in dessen Mündung die MSS gebaut wurde, teilt die Riffe des "Nature Reserve" in einen nördlichen und einen südlichen Riffkomples, getrennt durch einen Sandhang, der bis in über 70m Tiefe die Riffkörper voneinander trennt (vgl. Abb. 33). Der nördliche Teil, in Lee der vorherrschenden Windrichtung gelegen, weist stark zergliederte Riffdachbereiche auf, die eine geschlossenen Riffkante kaum erkennen lassen. Den Blöcken des Riffdachbereiches vorgelagert findet sich in ca. 2 m Tiefe ein ausgedehnter sandiger Riffhang, die mit geringer Hangneigung bis in 10 m Tiefe abfällt. Mit der Tiefe nimmt die Korallenbedeckung zu mit z. T. ausgedehnten monospezifischen Beständen von *Lobophyllia.corymbosa*. Ab etwa 10 m Tiefe geht der obere Riffhang in einen Steilhang (drop off) über, der bis auf den Sedimenthang des Wadiauslasses herab reicht bzw. im nördlichen Bereich in etwa 40 m Tiefe in eine Terrasse übergeht. Während der Steilhang von diversen *Acropora*-Arten aspektbildend besiedelt ist, dominieren in 40 m Tiefe große *Mycedium elephantotus*-Kolonien. Die Orientierung nach Süden mag maßgeblich für die dichte Korallenbesiedlung dieser Nordflanke der University Bay verantwortlich sein.

Der südliche Riffkomples beginnt etwa in Höhe der MSS- Wohnkomplexe mit einem schmalen Riffdach, welches praktisch keine Korallenbesiedlung mehr aufweist. An die Riffkante von etwa 30- 50 cm Höhe schließt seewärts eine flache Sandterrasse bis in etwa 8- 12 m Tiefe an.

Weiter nach Süden hin nimmt die Höhe der Riffkante zu, bis etwa auf der Höhe des *Porites*- Blockes (vgl. Abb. 34) die maximale Höhe von etwa 2,5 m erreicht wird. Das Riffdach kann sich an der breitesten Stelle bis zu 80 m seewärts erstrecken. Auf dem Luftbild schwach erkennbar sind die der Riffkante vorgelagerten sandigen (hellen) Sandterrassen. Diese ziehen sich als sanft abfallende Flächen (bis zu 80 m Breite) bis in etwa 15 m Tiefe um dort in den steiler werdenden Riffhang überzugehen. Die Korallenbesiedlung beginnt in etwa 6- 8 m Tiefe und nimmt seewärts auf dem

Riffhang mit der Tiefe zu. Bemerkenswert sind aus dem Vorriff aufragende Pfeiler, die den ursprünglichen Verlauf einer alten Riffkante zu markieren scheinen. Das Vorriffareal in Höhe der Pfeiler war Gegenstand der sehr detaillierten Untersuchungen von MERGNER und SCHUHMACHER (1974). Eine Dauertestfläche (U7) wurde lange Jahre in Bezug auf Veränderungen der Korallenbesiedlung hin untersucht.

### 3.5 Lage der Versuchsanlagen im Riffareal vor der MSS Aqaba

Die Versuchsanlagen der vorliegenden Arbeit wurden fast alle nördlich der Pfeiler im Riff installiert. Lediglich das Modellriff und eine der Testflächen zur Transplantation wurden im nördlichen Riffkomplex aufgebaut. Die Auswahl des Standortes war zum



einen durch die profunde Vorerfahrung der Arbeitsgruppe mit diesem Riffareal geprägt und trug zum anderen den möglichst kurzen Kabelwegen für die Akkretions- Experimente Rechnung. Die am weitesten südlich gelegenen Experimente waren die Flächen zur ersten Erprobung der Korallen-transplantation auf einer Schiffsstrandungsstelle südlich des Poritesblockes. Als Stromquelle mußten hierfür Photovoltaikpaneele am Strand aufgestellt werden.

Die Lage der einzelnen Experimente ist auf dem Luftbild eingezeichnet (Abb. 34).

Die Testzylinder in 10 m Tiefe (K1- K3) befanden sich entlang der 10 m Tiefenlinie, die Testzylinder K4- K6 wurden im Riffhang in 20 m Tiefe aufgebaut.

**Abbildung 34:** Luftbild des Untersuchungsgebietes und Lage der Versuchsaufbauten (Luftbild A. SHARIF 1994).

Die Gestelle zur Exposition von Substratplatten wurden in unmittelbarer Nähe zu den entsprechenden Zylindern aufgestellt (G1 in 10 m Tiefe, G2 in 20 m Tiefe). Vier Testflächen zur Korallen-transplantation wurden in 1, 6, 12 und 18 m Tiefe ausgelegt (TF-1 m = Testfläche in 1 m Tiefe usw.). Des weiteren ist die Lage der Hohlkehlen (HK1 und HK2) verzeichnet.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### ***4.1 Räumliche und zeitliche Muster der benthischen Besiedlung auf den Substratplatten***

#### **4.1.1 Material**

Von den Besiedlungsexperimenten aus dem Untersuchungszeitraum von 1992 bis 1996 standen aus 10 und 20 m Tiefe jeweils vollständige Plattensätze zur Auswertung zur Verfügung.

Auf die Auswertung der EES Platten wurde verzichtet, da die Akkretion dieser Platten sehr Bruchhaltig war und besonders die langen Expositionszeiten nur stark angegriffen überstanden. Zum Zeitpunkt der Herstellung waren die Titananoden noch nicht verfügbar, so dass die Platten mit zentralen Graphitanoden bestromt werden mußten, ein Design, welches eine homogenen Felddausbildung auf der planen Kathode kaum zuließ (siehe Kap. 2.1.1.4). Zudem war über die simultane Exposition der wesentlich besser akkretierten EES- Zylinder nach wie vor ein Vergleich aller drei Substrattypen möglich. Die konzentrische Anordnung der Zylinderkathode um die zentrale Graphitanode ermöglichte hier durchaus die Erzeugung eines weitgehend homogenen Feldes und Akkretion ohne störende Bruchanteile.

Pro Entnahmeterrain (0,5, 1, 1,5, 2, 3,5 Jahre) stand aus 10 und 20 m Tiefe pro Substrattyp mindestens ein Satz von Substratplatten zur Verfügung, insgesamt gingen 63 Platten (eine Platte ging verloren) mit Ober- und Unterseite in die Auswertung ein.

Mit Ausnahme der einjährigen Exponate wurden alle Platten zum gleichen Zeitpunkt ausgebracht und unterscheiden sich daher nicht in Bezug auf den Starttermin des Experimentes. Die einjährigen Platten wurden später exponiert, als schon Platten entnommen worden waren und so Platz für weitere Substrate auf den Gestellen vorhanden war (Zur genauen Orientierung der Platten und Simultanität der Expositionszeiten siehe Kap. 2.1.2.1).

Die 126 Plattenoberflächen wurden auf Besiedlung durch Fouling-Organismen hin untersucht. Zur Auswertung wurde auf jede Oberfläche ein Rahmen von 25 x 25 cm gelegt und die von diesem Rahmen umschlossene Oberfläche ausgewertet. Auf diese Weise konnten Randeffekte weitgehend ausgeschlossen werden. In Kapitel 4.5 wird eingehend auf die Bedeutung von schwer beweidbaren Substratflächen eingegangen.

625 cm<sup>2</sup> jeder Platte wurden fotografiert, digitalisiert, sessile Organismen soweit als möglich determiniert und Flächenanteile an der Besiedlung über ein computergestütztes, interaktives Bildanalysesystem (LUCIA M, Nikon) vermessen.

Für die weitere Auswertung wurden 12 Taxa unterschieden, die farblich kodiert auf den digitalen Vorlagen eingezeichnet wurden. Die Zusammenfassung zum Teil artenreicher Gruppen wie der Bryozoa und Porifera zu „Sammeltaxa“ maskiert möglicherweise spezifische Unterschiede, war jedoch angesichts der zum Teil



schwierigen und aufwendigen Präparationstechniken nicht trennschärfer zu bearbeiten. Besonders betroffene Taxa, wie die Bryozoa wurden am Beispiel der EES-Zylinder detaillierter bis auf Gattungsniveau bearbeitet (siehe Kapitel 4.3).

Die Besiedlungsmuster jeder Plattenseite wurde auf der Basis der Flächenanteile dieser 12 Taxa sowie der Kategorie „unbesiedelt“ verglichen. Hierzu wurde als Maß die Dominanzidentität nach Renkonen modifiziert. Während die Quantität einzelner Taxa normalerweise über Individuenzahlen in die Berechnung der Renkonenzahl integriert wird, wurden im folgenden die prozentualen Flächenanteile als quantitatives Maß herangezogen. Der relative Charakter der prozentualen Flächenanteile entbindet sowohl von der schwierigen Abgrenzung der Individualität bei kolonialen Organismen sowie von der problematischen Gewichtung einzelner Individuen.

Als Grundlage für die weitere Auswertung dienten die folgenden farblich kodierten Karten.

#### Farbcodierung der Plattenkarten



#### Verwandte Abkürzungen:

B = Betonplatte  
 K = Korallenplatte  
 H = horizontal ausgerichtet  
 V = vertikal ausgerichtet  
 N = nach Norden orientiert bzw. vom Licht abgewandt  
 S = nach Süden orientiert bzw. dem Licht zugewandt

#### Beispiel der Plattenkodierung:

10bsh073 = Exposition in 10m Tiefe, Betonsubstratplatte, nach Süden ausgerichtet bzw. belichtete Seite, horizontal orientiert, entnommen im Juli 1993.

Wurde zu einem Termin mehr als eine Platte pro Orientierung und Substrattyp entnommen, wurde die Angabe um Buchstaben ergänzt, z.B. 10bsh073d.

#### Abbildungen der folgenden Seiten:

**Farbtafel 1:** Besiedlungsplatten aus 10 m Tiefe, 0,5 Jahre exponiert.

**Farbtafel 2:** Besiedlungsplatten aus 10 m Tiefe, 1 Jahr exponiert.

**Farbtafel 3:** Besiedlungsplatten aus 10 m Tiefe, 1,5 Jahre exponiert.

**Farbtafel 4:** Besiedlungsplatten aus 10 m Tiefe, 2 Jahre exponiert.

**Farbtafel 5:** Besiedlungsplatten aus 10 m Tiefe, 3,5 Jahre exponiert.

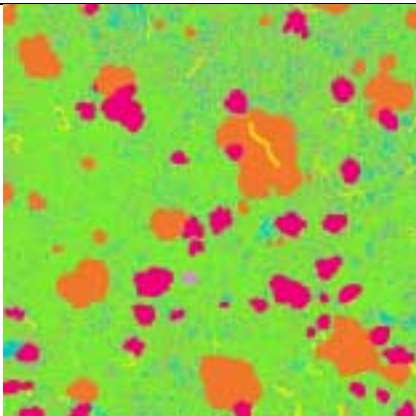
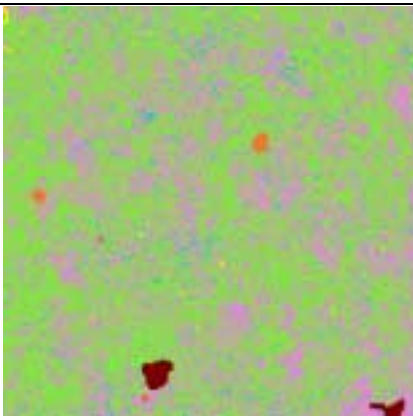
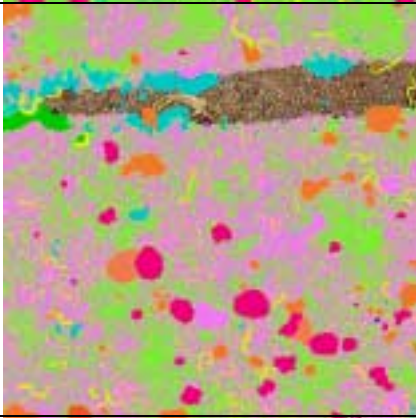

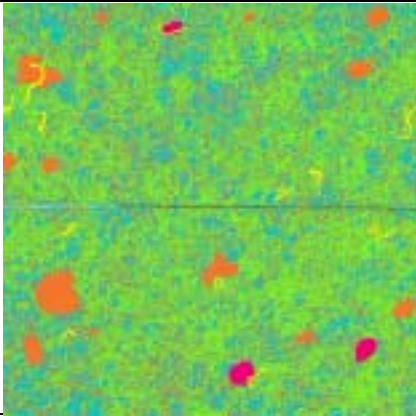
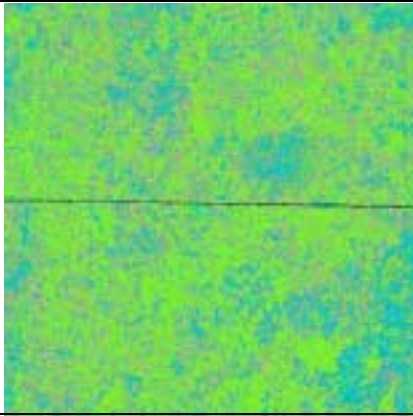
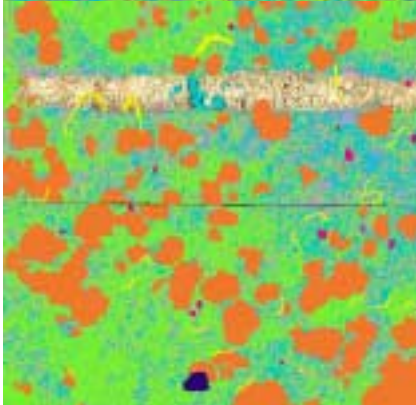

**Farbtafel 6:** Besiedlungsplatten aus 20 m Tiefe, 0,5 Jahre exponiert.

**Farbtafel 7:** Besiedlungsplatten aus 20 m Tiefe, 1 Jahr exponiert.

**Farbtafel 8:** Besiedlungsplatten aus 20 m Tiefe, 1,5 Jahre exponiert.


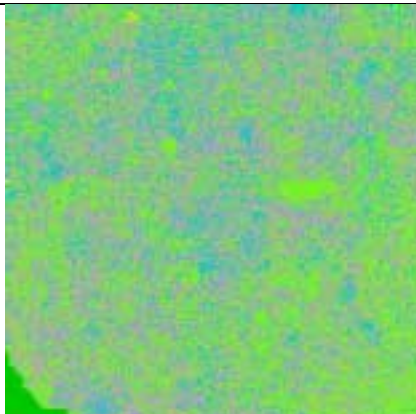




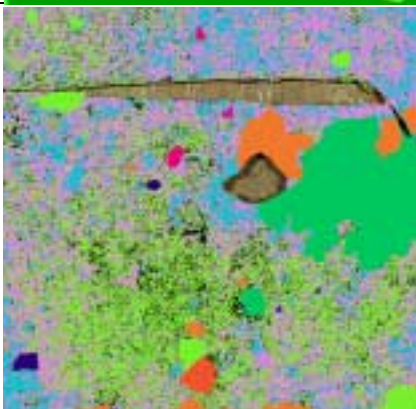
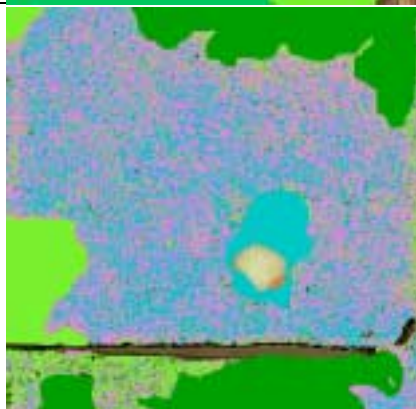
**Farbtafel 9:** Besiedlungsplatten aus 20 m Tiefe, 2 Jahre exponiert.

**Farbtafel 10:** Besiedlungsplatten aus 20 m Tiefe, 3,5 Jahre exponiert.

Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 10 m Tiefe					
Expositionszeit: 0.5Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	10bnv073		10bsv073		
	horizontal	10bnh073			
Substrattyp: Koralle					
vertikal	10knv073		10ksv073		
	horizontal	10knh073			



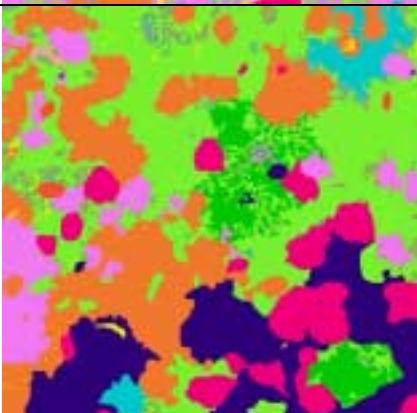
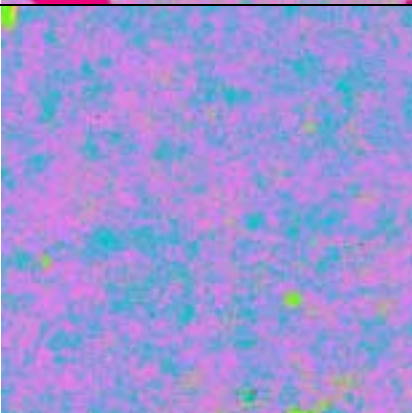


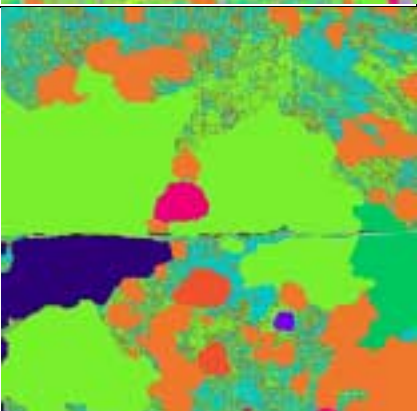
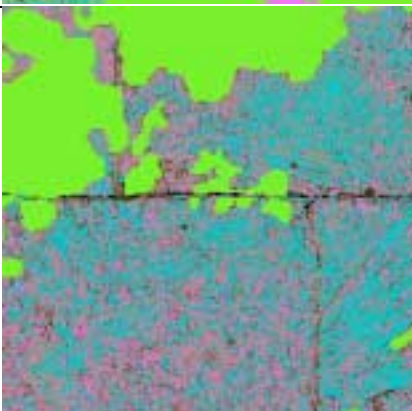
Farbtafel 1



Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 10 m Tiefe					
Expositionszeit: 1 Jahr					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	10bnva66		10bsva66		
horizontal	10bnhd66		10bshd66		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	10knva66		10ksva66		
horizontal	10knhd66		10kshd66		

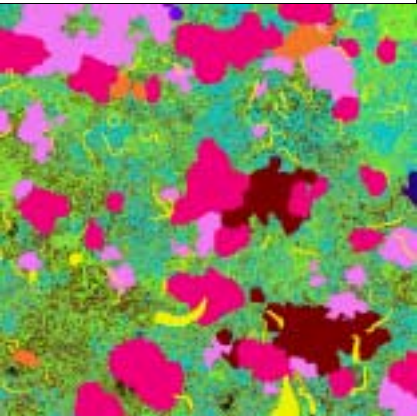
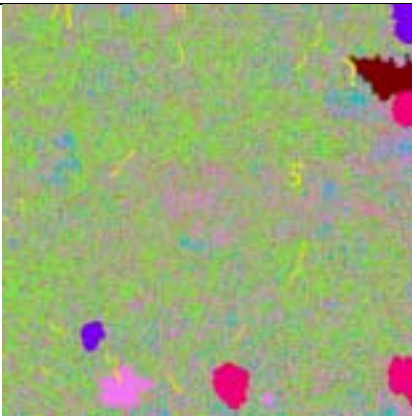
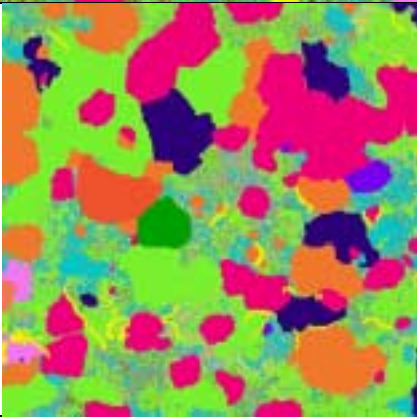

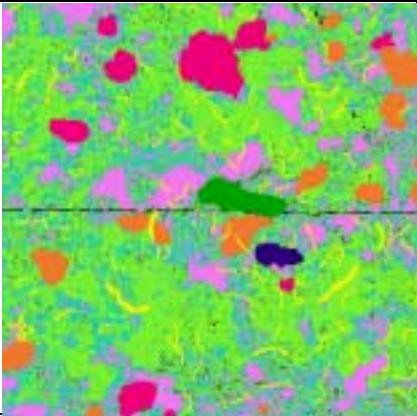
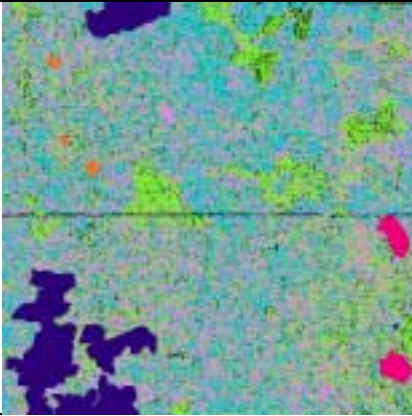
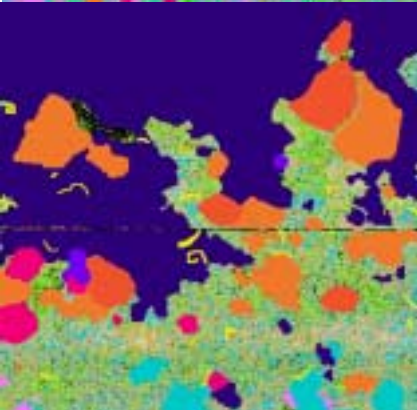
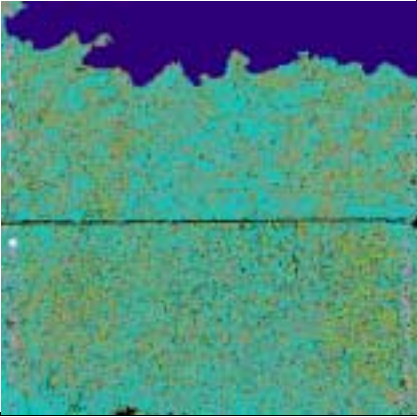
Farbtafel 2



Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 10 m Tiefe					
Expositionszeit: 1.5 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	10bnv036		10bsv036		
horizontal	10bnh036		10bsh036		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	10knv036		10ksv036		
horizontal	10knh036		10ksh036		

Farbtafel 3



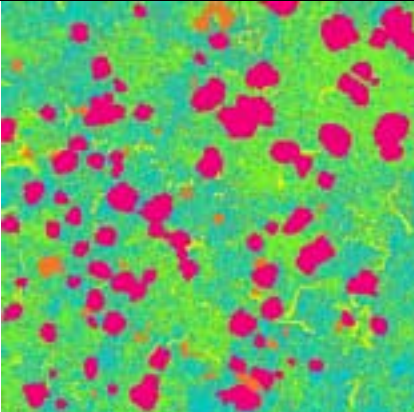
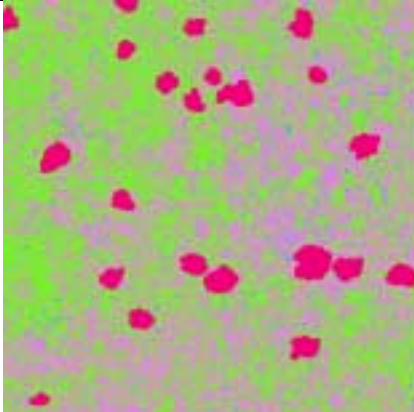
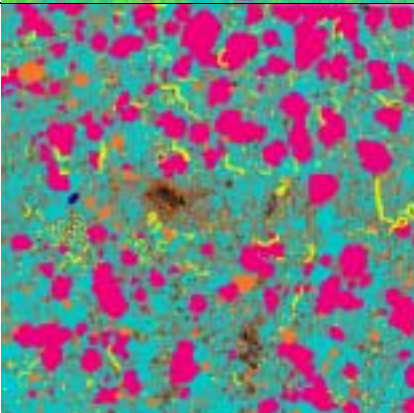
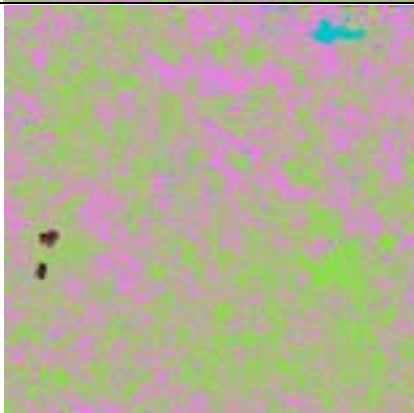
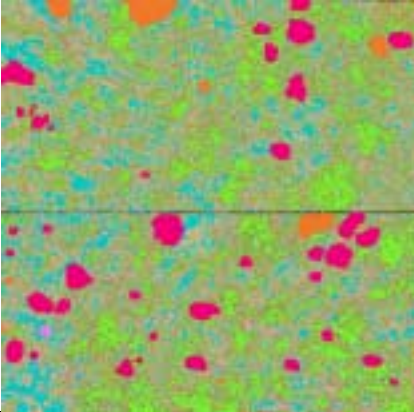
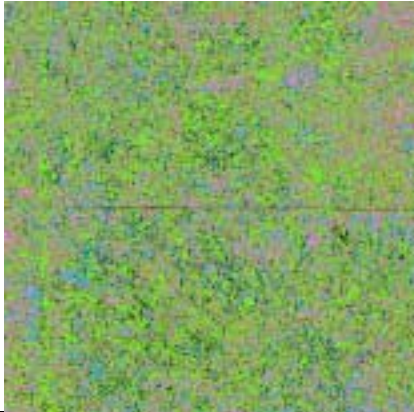
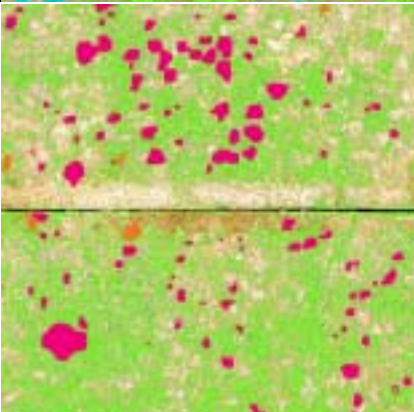

Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 10 m Tiefe Expositionszeit: 2 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	10bnv075		10bsv075		
horizontal	10bnh075		10bsh075		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	10knv075		10ksv075		
horizontal	10knh075		10ksh075		

Farbtafel 4

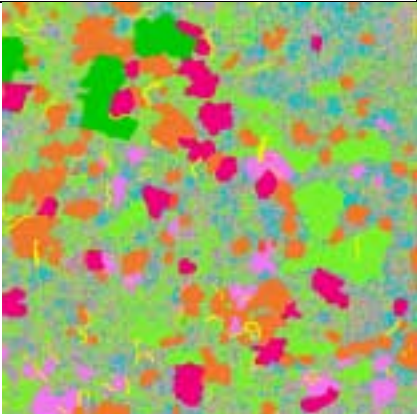
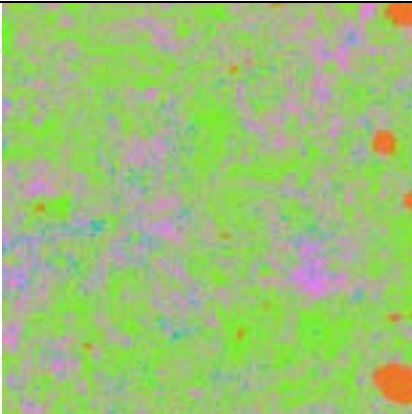
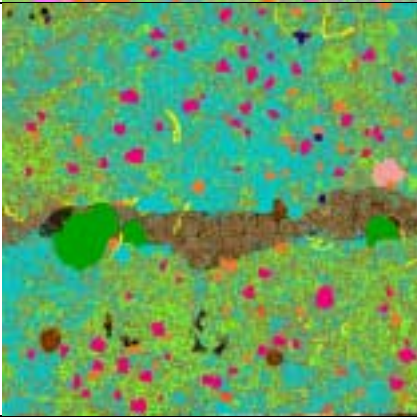
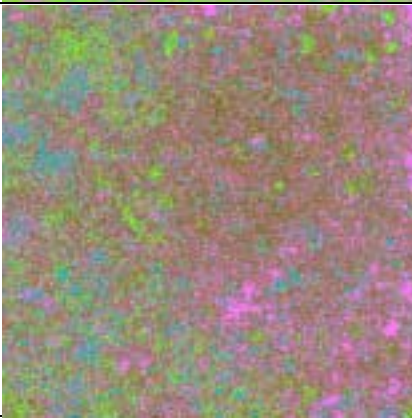
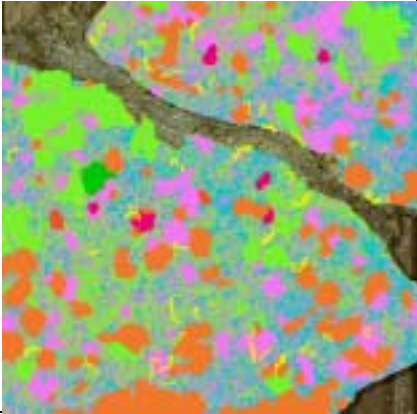
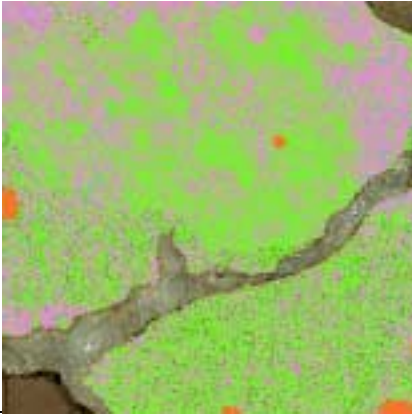
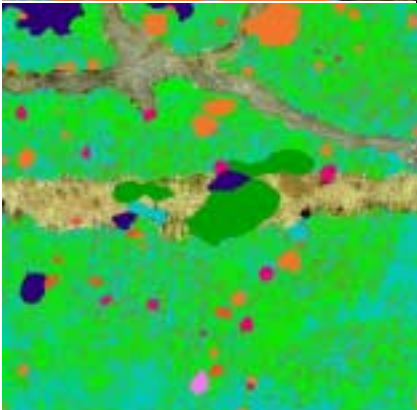

Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 10 m Tiefe					
Expositionszeit: 3.5 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	10bnvvd66		10bsvvd66		
horizontal	10bnha66		10bsha66		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	10knvd66		10ksvd66		
horizontal	10knha76		10ksha76		

Farbtafel 5



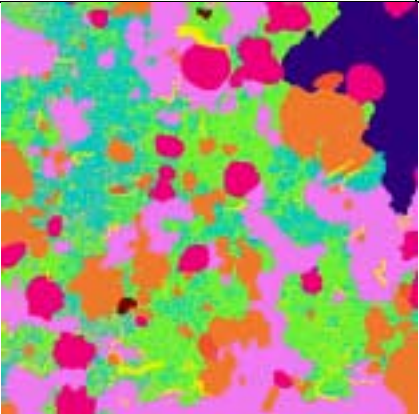
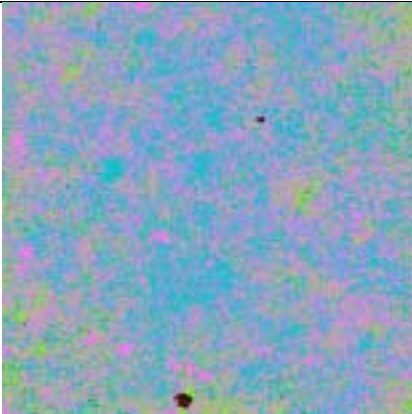
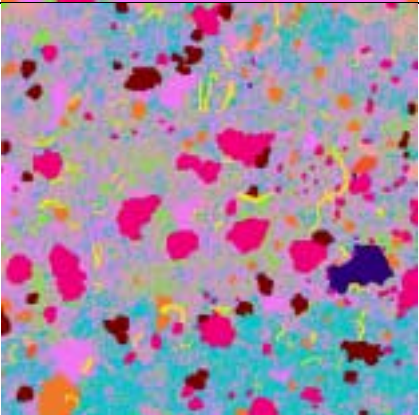
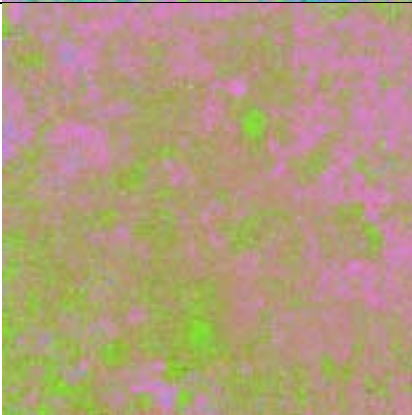
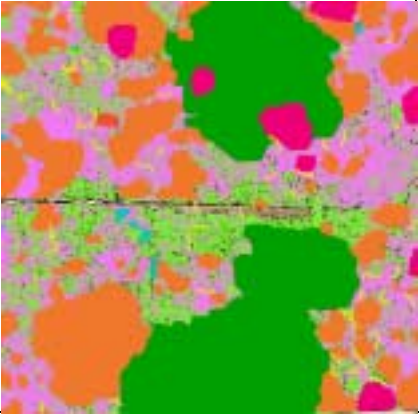
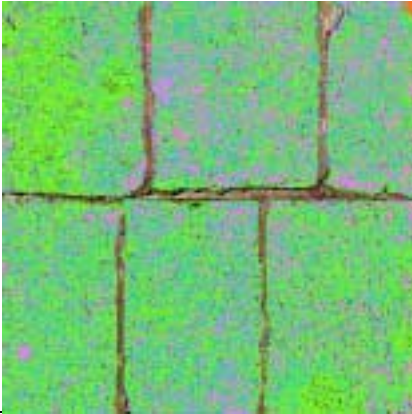
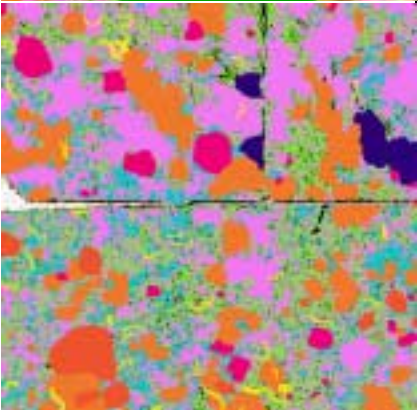
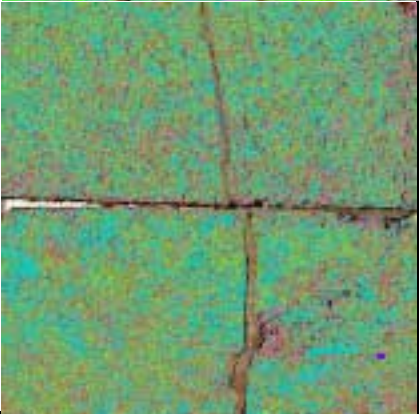
Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 20 m Tiefe					
Expositionszeit: 0.5 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	20bnv073		20bsv073		
horizontal	20bnh073		20bsh073		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	20knv073		20ksv073		
horizontal	20knh073		20ksh073		

Farbtafel 6

Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 20 m Tiefe			
Expositionszeit: 1 Jahr			
Substrattyp: Beton			
		Norden	Süden
vertikal	20bnva76		
horizontal	20bnhd76		
Substrattyp: Koralle			
vertikal	20knva76		
horizontal	20knhd76		


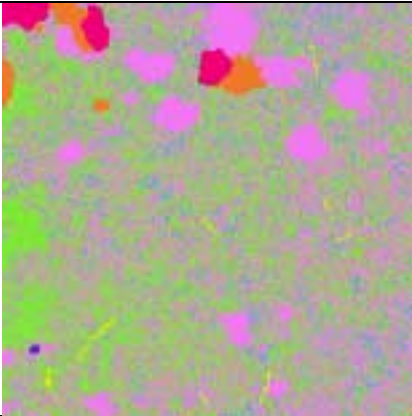
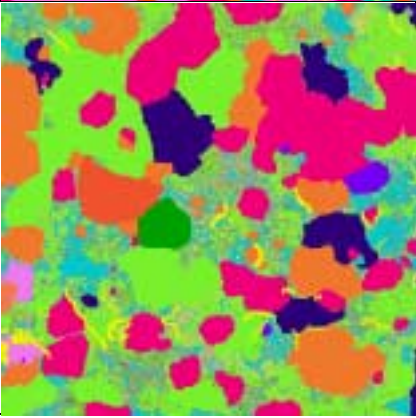
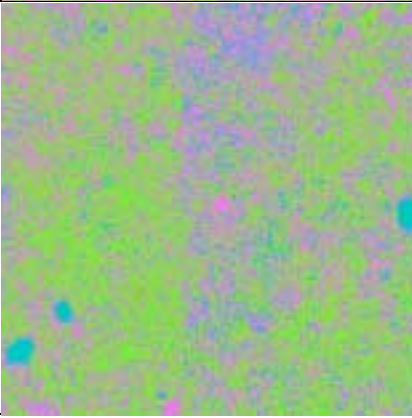
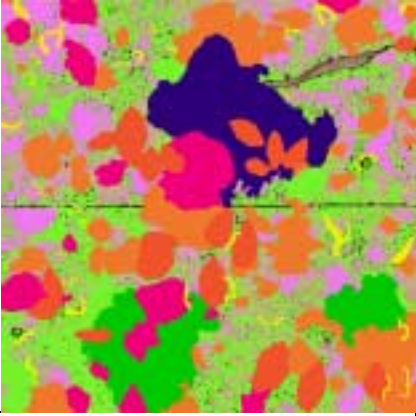
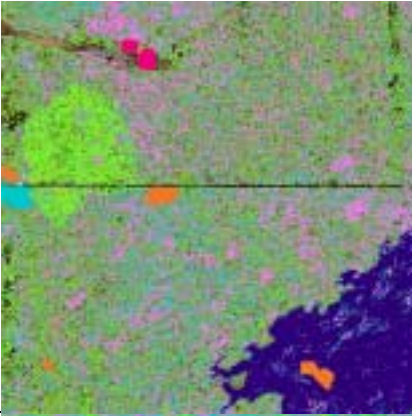
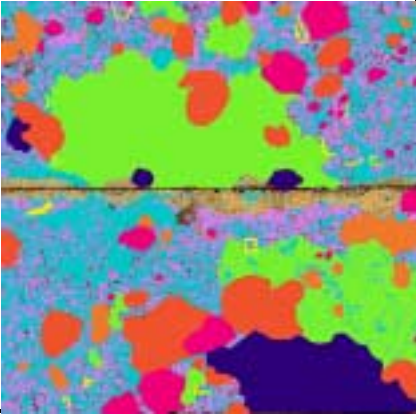
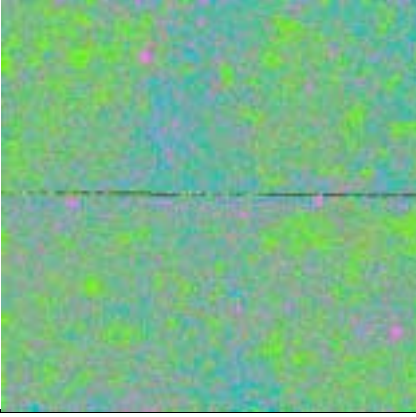
Farbtafel 7



Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 20 m Tiefe					
Expositionszeit: 1.5 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	20bnv026		20bsv026		
horizontal	20bnh026		20bsh026		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	20k nv026		20k sv026		
horizontal	20k nh026		20k sh026		

Farbtafel 8



Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 20 m Tiefe					
Expositionszeit: 2 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	20bnv075		20bsv075		
horizontal	20bnh075		20bsh075		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	20knav075		20ksv075		
horizontal	20knh075		20ksh075		

Farbtafel 9

Farblich kodierte Karten der Substratplatten aus 20 m Tiefe					
Expositionszeit: 3.5 Jahre					
Substrattyp: Beton					
Norden			Süden		
vertikal	20bnvd76		20bsvd76		
horizontal	20bnha76		20bsha76		
Substrattyp: Koralle					
vertikal	20knvd76		20ksvd76		
horizontal	20knha76		20ksha76		

Farbtafel 10

#### 4.1.2 Generelle Muster der benthischen Besiedlung

Bei beiden zu vergleichenden Substrattypen Beton (B) und Korallenkalk (K) waren unabhängig von der Expositionsdauer und Orientierung der Platten (H und V) jeweils die unbelichteten Oberflächen (N) schneller und diverser besiedelt als die belichteten Oberflächen (S) (vgl. Farbtafeln 1- 10). Besonders augenfällig war der Unterschied zwischen den HN- und HS- Plattenoberflächen. Abgesehen von korallinen Algen, filamentösen Grünalgen und krustenbildenden Foraminifera fanden sich auch nach 3.5 Jahren praktisch keine anderen benthischen Taxa auf den HS-Platten. Das beschattete Pendant (HN) war in der Regel artenreich besiedelt. Die Besiedlungsmuster der vertikalen Plattenoberflächen (V) zeigten im Prinzip den gleichen Trend, wenngleich die Unterschiede weniger drastisch ausfielen. Wieder waren die beschatteten Flächen (N) diverser besiedelt als die belichteten (S).

Einige Taxa wurden fast ausschließlich auf Plattenoberflächen bestimmter Orientierung gefunden. So fanden sich beispielsweise Bryozoa mit Flächenanteilen von bis zu 24 % nur auf den beschatteten Plattenseiten. Auf den belichteten Plattenseiten wurden lediglich Flächenanteile von maximal 1,92 % erreicht (20 m BVS, 1 Jahr Expositionszeit).

Ähnliche Muster zeigten die Bivalvia (Gryphaeidae, Spondylidae), die auf den HS-Platten nie nachgewiesen wurden. Die Muscheln zeigten auf den VS-Oberflächen deutlich geringere Abundanzen als auf den HN- und VN-Platten. Speziell Gryphaeidae zeigten zudem eine Präferenz für die Betonsubstrate mit maximalen Flächenanteilen von bis zu 38,6 % (10 m BNH, 3,5 Jahre exponiert). Auf Korallensubstraten wurden maximal 8% erreicht.

Porifera konnten sich ebenfalls vornehmlich auf den beschatteten Substratflächen etablieren. Auf belichteten, horizontal orientierten Flächen (HS) wurde lediglich nach 3,5 Jahren auf dem 10 m- Korallensubstrat ein Schwamm nachgewiesen (0,93 % Flächenanteil). Auch auf den vertikal orientierten belichteten Substratplatten fehlten die Schwämme bis auf zwei 3,5 Jahre exponierte Proben (10 m BVS und 20 m KVS).

Ein Taxon mit offenbar hoher Toleranz gegenüber Beweidung waren inkrustierende Foraminifera (cf. *Acervulina*). Foraminifera wurden auf allen zum Licht hin orientierten Platten nachgewiesen und bedeckten gemeinsam mit den Grünalgen die größten Flächenanteile. Ein möglicherweise entscheidender Konkurrenzvorteil der Foraminiferen besteht in ihrer Fähigkeit, ihre Skelette nicht ausschließlich aus Kalziumkarbonat, sondern aus Magnesium-haltigem Dolomit zu bilden. Dieses Mischsubstrat kann von bioerodierenden Endolithen, die mittels Kohlensäure den Kalk mariner Invertebratenskelette angreifen, möglicherweise nicht effizient gelöst werden. Eine "Präerodierung" durch Mikrobohrer und spätere mechanische Erosion durch Makroweidegänger (Echinodermata und Fische) würde so behindert.

In Tabelle 4 und 5 wurden die Flächenanteile der verschiedenen Taxa [%] auf den unterschiedlich lang exponierten Platten aufgetragen.



		Koralle										
		10m					20m					
		Expositionszeit					Expositionszeit					
		0.5	1	1.5	2	3.5	0.5	1	1.5	2	3.5	
h o r i z o n t a l	b e s c h a t t e t	Ascidacea		8,87				3,45				
		Spondylidae		0,49		0,38	1,45		0,51		7,56	10,61
		Gryphaeidae	0,30	0,23	3,31	4,32	3,69	6,03	0,74	4,54	4,37	2,33
		Röhrenwürmer	0,94		1,00	0,52	2,23			0,31	0,58	0,73
		Bryozoa	24,58	3,77	16,86	9,13	5,77	0,36	3,34	8,10	7,77	5,66
		Scleractinia		0,02	0,02	0,07	0,08			0,10	0,13	
		Porifera	0,23	0,27	2,09		2,04		2,29			6,23
		Foraminifera	9,86	30,95	28,60	16,48	5,57		0,18	17,32	25,10	19,77
		Corallinacea (rot)	16,89	12,02	8,57	22,94	10,01		22,84	7,86	16,96	18,46
		Corallinacea (weiß)								0,08		
		Braunalgen										
		Grünalgen	39,06	29,51	32,73	45,47	21,01	37,12	34,01	27,02	31,60	27,08
freies Substrat	8,13	13,86	6,83	0,70	48,15	56,48	32,65	34,67	5,94	9,14		
b e l i c h t e t	Ascidacea		17,09									
	Spondylidae											
	Gryphaeidae											
	Röhrenwürmer				0,84						0,05	
	Bryozoa		0,06									
	Scleractinia					0,43						
	Porifera					0,93						
	Foraminifera	30,50	32,03	35,31	15,72	14,02		27,04	41,76	21,37	26,16	
	Corallinacea (rot)	35,39	23,81	11,92	53,57	16,52	18,24	13,90	13,48	38,84	43,89	
	Corallinacea (weiß)											
	Braunalgen											
	Grünalgen	32,04	20,18	22,99	23,83	21,25	30,24	15,01	20,24	6,32	16,05	
freies Substrat	2,07	6,82	29,78	6,04	46,85	51,52	44,05	24,52	33,48	13,85		
b e s c h a t t e t	Ascidacea		35,34					0,40				
	Spondylidae				0,12	1,30		0,24	0,26	0,19	3,47	
	Gryphaeidae	0,58		5,93	2,35	8,12	5,12	0,61	4,90	5,13	5,46	
	Röhrenwürmer	0,69	1,66	0,38	1,98			1,38	0,45		0,71	
	Bryozoa	3,06	5,64	7,24	12,46	4,48	1,61	14,38	9,91	15,27	5,85	
	Scleractinia											
	Porifera			0,06	0,85					2,99	28,01	
	Foraminifera		5,26	37,22	24,17	30,95	0,06	27,30	12,84	38,03	38,61	
	Corallinacea (rot)	19,08	11,97	14,57	7,83	10,45	13,63	14,23	6,36	2,96	0,67	
	Corallinacea (weiß)										0,62	
	Braunalgen					1,00					3,89	
	Grünalgen	46,04	29,82	27,62	48,54	28,26	23,22	27,97	27,43	24,06	6,20	
freies Substrat	30,55	10,31	6,98	1,70	15,45	56,37	13,50	37,85	11,37	6,51		
b e l i c h t e t	Ascidacea		75,09									
	Spondylidae											
	Gryphaeidae					0,73					0,80	
	Röhrenwürmer			0,22		1,16			0,05			
	Bryozoa			0,14		1,03		0,93			0,26	
	Scleractinia											
	Porifera										3,45	
	Foraminifera	10,23	1,83	41,15	27,09	26,72	14,45	26,81	23,11	23,92	13,14	
	Corallinacea (rot)	23,10	1,57	13,94	36,50	30,47	8,65	1,43	5,14	9,54		
	Corallinacea (weiß)											
	Braunalgen											
	Grünalgen	54,94	13,90	33,01	15,80	33,80	36,47	49,06	36,03	16,66	19,18	
freies Substrat	11,73	7,62	11,53	20,61	6,09	40,43	21,77	35,68	49,87	63,15		

<0,2%

>0,2<=1%

>1<=5%

>5<=15%

>15<=35%

>35%

	<0,2%
	>0,2<=1%
	>1<=5%
	>5<=15%
	>15<=35%
	>35%

**Tabelle 4:** Flächenanteile der verschiedenen Taxa an der Besiedlung der Substratplatten aus Korallenkalk über die verschiedenen Expositionszeiten.

		Beton										
		10m					20m					
		Expositionszeit										
		0.5	1	1.5	2	3.5	0.5	1	1.5	2	3.5	
h	o	Ascidiacea	0,57	16,86			0,89		2,29			0,85
		Spondylidae	0,18					0,10	0,33	0,53	2,32	0,61
		Gryphaeidae	2,85	0,82	30,10	23,66	6,14	23,85	3,47	10,34	29,32	12,59
		Röhrenwürmer	4,25	0,15	1,60	1,48	3,50	3,18	0,78	1,53	1,19	2,61
		Bryozoa	3,45	2,35	17,53	6,42	13,53	2,66	1,74	6,53	4,83	1,85
		Scleractinia	0,01	0,09	0,09	0,23	0,59			0,15	0,14	0,13
		Porifera		1,00	2,65	10,24	13,98	0,06	0,15	0,02	13,87	12,85
		Foraminifera	40,35	32,09	31,37	31,58	13,41					0,46
		Corallinacea (rot)	0,11	0,09			1,96	37,65	29,15	33,70	2,36	34,54
		Corallinacea (weiß)	2,41	7,02	7,41	0,39	30,15		0,35		4,39	12,67
o	n	Braunalgen				4,79	0,22					
		Grünalgen	33,19	30,18	8,82	20,83	8,80		21,53	13,39	27,29	14,05
		freies Substrat	12,64	9,34	0,45	0,37	6,83	32,51	40,22	33,82	14,29	6,77
		Ascidiacea		0,12								
		Spondylidae										
		Gryphaeidae										
		Röhrenwürmer				0,09		0,15	0,30		0,35	
		Bryozoa										
		Scleractinia										
		Porifera										
o	n	Foraminifera	37,63	41,73	30,17	43,15	59,57	52,62	27,05	48,27	50,69	62,57
		Corallinacea (rot)						1,36	8,16	4,23	4,80	11,07
		Corallinacea (weiß)	4,05	25,03	6,91	6,52	18,47					
		Braunalgen										
		Grünalgen	56,78	29,64	50,09	47,39	20,96	44,69	11,41	46,16	13,25	24,87
		freies Substrat	1,54	3,47	12,83	2,94	0,90	1,33	53,23	1,04	31,26	1,13
		Ascidiacea		52,99			8,88		3,40			
		Spondylidae			0,02	0,35			0,14	0,33	0,51	2,42
		Gryphaeidae	7,29	2,90	33,72	32,75	38,62	17,16	6,23	36,62	26,73	15,42
		Röhrenwürmer	0,92	0,83	1,68	1,11	0,89	1,96	1,99	1,99	2,03	1,48
v	e	Bryozoa	11,65	9,27	1,49	7,87	2,67	1,68	14,61	8,13	2,42	11,57
		Scleractinia		0,01		0,06	0,25					
		Porifera		1,25	0,30		0,44				3,28	5,87
		Foraminifera	0,07	5,84	1,93	25,48	37,45		16,10	1,92	10,98	40,94
		Corallinacea (rot)						30,50	8,88	28,88	29,04	5,89
		Corallinacea (weiß)	7,60	5,12	22,95	5,86	3,09		1,61		0,11	2,55
		Braunalgen		0,60			1,78					4,26
		Grünalgen	56,90	10,03	36,51	26,16		36,21	33,16	19,44	24,87	3,86
		freies Substrat	15,57	11,17	1,38	0,36	5,93	12,48	13,88	2,69	0,04	5,74
		v	e	Ascidiacea		1,17						
Spondylidae					0,03							
Gryphaeidae	0,24							5,79		3,78	3,15	2,23
Röhrenwürmer				0,05	0,18	0,19			0,20	0,06		
Bryozoa					0,22			1,92	0,17			
Scleractinia							0,91	0,02			0,12	
Porifera							2,91					
Foraminifera	0,03			25,84	37,00	20,92	54,87	39,11	34,00	29,45	49,34	19,31
Corallinacea (rot)	0,83			20,42	3,22	5,89	9,82	2,31	4,48	2,70	8,60	39,73
Corallinacea (weiß)												
r	t	Braunalgen	1,58		0,58							
		Grünalgen	95,55	51,76	58,46	12,92	29,58	51,64	58,43	63,47	38,39	36,15
		freies Substrat	1,78	0,75	0,31	60,08	1,92	1,16	1,16	0,23	0,46	2,46
		Ascidiacea										
		Spondylidae										
		Gryphaeidae										
		Röhrenwürmer										
		Bryozoa										
		Scleractinia										
		Porifera										

<0,2%

>0,2<=1%

>1<=5%

>5<=15%

>15<=35%

>35%

	<0,2%
	>0,2<=1%
	>1<=5%
	>5<=15%
	>15<=35%
	>35%

**Tabelle 5:** Flächenanteile der verschiedenen Taxa an der Besiedlung der Substratplatten aus Beton über die verschiedenen Expositionszeiten.

Während des Untersuchungszeitraumes wurden die angebotenen Substrate nur spärlich von Steinkorallen besiedelt. Von insgesamt 80 ausgewerteten Substratflächen waren nur auf 21 Korallen zu finden. 14 durch Korallen besiedelte Platten stammten aus 10 m Tiefe, die restlichen 7 aus 20 m Tiefe. Obwohl bereits nach einem halben Jahr die ersten Kolonien auf den Substratplatten nachgewiesen werden konnten, kam es mit der Expositionszeit nicht zu einem deutlichen Bestandsaufbau. Der maximale Flächenanteil an der benthischen Besiedlung von 0,91 % wurde nur auf der BSV-Platte in 10 m Tiefe erreicht. Wie schon für andere benthische Taxa gezeigt, fanden sich die wenigen Korallenindividuen ebenfalls zumeist auf den beschatteten Substratflächen. Während von 20 beschatteten, horizontal ausgerichteten Platten 14 Platten von Korallen besiedelt waren, wies lediglich eine (10 m KSH 3.5 Jahre exponiert) der 20 belichteten H- Platten Korallenrekruten auf. Die Unterschiede zwischen NV und SV waren weniger deutlich, jedoch fanden sich ausschließlich auf den Betonsubstraten Korallenkolonien. Die vertikal orientierten Korallensubstrate wurden weder in 10 noch in 20 m Tiefe von Korallen besiedelt.<sup>1</sup>

#### **4.1.3 Dominanzidentitäten der benthischen Gemeinschaften**

Während im vorigen Kapitel die augenfälligen Verteilungsmuster ausgewählter Taxa im Vordergrund standen, folgt nun die synökologische Betrachtungen der Besiedlungsmuster auf der Ebene der benthischen Gemeinschaften. Die Ergebnisse der Dominanzidentitätsberechnung wurden als schattierte Ähnlichkeitsmatrix graphisch dargestellt (vgl. Abb. 35- 40, dunkle Schattierungen kennzeichnen hohe Ähnlichkeiten, helle Grauwerte stehen für geringe Übereinstimmungen).

#### **Selbstvergleich<sup>2</sup> der benthischen Gemeinschaften**

##### **Korallensubstrate aus 10 m Tiefe**

Der Selbstvergleich der benthischen Gemeinschaften auf den Korallensubstraten aus 10m Tiefe zeigt einen interessanten Trend: Während die H- Platten (N und S) um so unähnlicher werden, je mehr sich Ihre jeweilige Expositionsdauer unterscheidet (Schattierungen werden von links nach rechts heller für den Plattensatz innerhalb des fetten Rahmens), deuten die Dominanzidentitäten der V- Platten den entgegen gesetzten Trend an. Die Gemeinschaften der vertikalen Platten werden scheinbar sukzessive um weitere Arten ergänzt, ohne jedoch die Pionierarten zu verdrängen.

---

<sup>1</sup> Einige Scleractinia-Rekruten siedelten in den Spalten zwischen den Substratplatten und dem Expositionsgestell. Diese Individuen wurden nicht gezählt da die Habitatcharakteristika sehr speziell und daher nicht mit den eigentlichen Plattenoberflächen vergleichbar waren.

<sup>2</sup> Selbstvergleich bezeichnet den Vergleich von Platten des selben Typs, der selben Orientierung und gleicher bathymetrischen Exposition. Die verglichenen Platten unterscheiden sich lediglich in Bezug auf die Expositionszeiten.

Das Muster der horizontalen Platten legt den Schluß nahe, dass hier Arten erscheinen, aber auch wieder verschwinden und Pioniere auf den 3.5 Jahre exponierten Platten unterrepräsentiert sind

### **Korallensubstrate aus 20 m Tiefe**

Das differenzierte Muster der 10 m- Korallensubstrate findet sich auf den Korallenplatten aus 20 m Tiefe nicht wieder. Alle vier Datensätze (A-D) zeigen eine zunehmende Differenzierung (Abnahme der Ähnlichkeit) der sessilen Gemeinschaften mit der Expositionszeit. Es fällt auf, dass die Ähnlichkeit auch bei zeitlich weit auseinander liegenden Proben immer noch vergleichsweise hoch ist.

### **Betonsubstrate aus 10 m Tiefe**

Die Betonsubstrate aus 10 m Tiefe entwickelten sich mit der Zeit unterschiedlich. Selten werden Ähnlichkeiten über 60 % erreicht. Platten, die nur durch wenige Taxa besiedelt wurden, suggerieren hohe Übereinstimmungen, dies kann jedoch auf die hier beteiligten Generalisten zurückgeführt werden, die hohe Flächenanteile besetzen und nur wenig charakteristische, oligospezifische Zönosen ausbilden.

### **Betonsubstrate aus 20 m Tiefe**

Auch die Gemeinschaften auf den Betonplatten aus 20m Tiefe entwickeln sich mit der Expositionszeit unterschiedlich. Die 3,5 Jahre exponierte NV- Platte war mit keiner anderen Platte mehr als 53 % identisch. Dem entgegen unterschied sich die 3,5 Jahre exponierte SV- Platte maximal um 39 % (Dominanzidentität 61%) von jeder anderen Platte des Selbstvergleichssatzes. Unterschiede der Gemeinschaften auf den Betonplatten aus 20 m Tiefe waren somit nur schwach ausgeprägt.

Wie in den Abbildungen zur Dominanzidentität (Abb. 35- 38) ersichtlich und in Kap. 2.1.2 erläutert, standen zur Auswertung neben dem Hauptplattensätzen für die Expositionszeiten 1,5 und 2 Jahre zwei beziehungsweise ein Replikat zur Verfügung. Diese Plattensätze waren zwar zeitlich gleich lang exponiert, decken aber mit ihrer Expositionszeit unterschiedliche Jahreszeiten ab. Es mag daher nicht verwundern, dass die Übereinstimmung der benthischen Gemeinschaften dieser Platten mit der gleich lang exponierten Platte des Hauptsatzes nicht unbedingt hoch identisch sein musste und in der Regel auch nicht war.

Diese methodische "Blindprobe" belegt zu den bereits angesprochenen Unterschieden die Bedeutung der saisonalen Simultanität bei Vergleichen von Besiedlungssukzessionen (vgl. Tabelle 1 und 2, Kap. 2.1.2.2).

## A

Norden

horizontal

Plattencode		Expositionszeit [a]							
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
		10knh073	10knhd66	10knh044	10knh124	10knha66	10knh036	10knhb66	10knh075
0.5	10knh073	100	64	76	76	52	77	51	37
1	10knhd66		100	78	63	55	63	46	36
1.5	10knh044			100	71	54	68	44	39
2	10knh124				100	48	69	51	30
3.5	10knha66					100	54	39	50
1.5	10knh036						100	62	49
1.5	10knhb66							100	27
2	10knh075								100

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

## B

Norden

vertikal

Plattencode		Expositionszeit [a]							
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
		10knv073	10knva66	10knv044	10knv124	10knvd66	10knv036	10knvc66	10knv075
0.5	10knv073	100	56	53	60	58	57	82	73
1	10knva66		100	58	52	59	48	63	59
1.5	10knv044			100	71	86	59	69	74
2	10knv124				100	69	82	77	82
3.5	10knvd66					100	56	71	70
1.5	10knv036						100	74	74
1.5	10knvc66							100	84
2	10knv075								100

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

## C

Süden

horizontal

Plattencode		Expositionszeit [a]							
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
		10ksh073	10kshd66	10ksh044	10ksh124	10ksha66	10ksh036	10kshb66	10ksh075
0.5	10ksh073	100	77	67	77	54	67	59	45
1	10kshd66		100	71	66	58	65	52	40
1.5	10ksh044			100	57	77	79	78	51
2	10ksh124				100	58	71	51	49
3.5	10ksha66					100	87	75	69
1.5	10ksh036						100	77	71
1.5	10kshb66							100	49
2	10ksh075								100

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

## D

Süden

vertikal

Plattencode		Expositionszeit [a]							
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
		10ksv073	10ksva66	10ksv044	10ksv124	10ksvd66	10ksv036	10ksvc66	10ksv075
0.5	10ksv073	100	25	69	61	73	77	89	67
1	10ksva66		100	25	25	23	23	25	24
1.5	10ksv044			100	68	80	65	74	80
2	10ksv124				100	79	70	57	76
3.5	10ksvd66					100	83	72	87
1.5	10ksv036						100	71	72
1.5	10ksvc66							100	66
2	10ksv075								100

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

**Abbildung 35:** Dominanzidentitäten der Gemeinschaften auf den Korallensubstraten aus 10 m Tiefe im Selbstvergleich (eingetragene Werte in [%]).



## A

Norden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20knh073	20knhd76	20knh044	20knh124	20knha76	20knh026	20knhb76	20knh075	
0.5	20knh073	100	68	67	42	39	30	63	39	<31%
1	20knhd76		100	72	59	62	43	85	63	31-40%
1.5	20knh044			100	71	70	63	64	66	41-50%
2	20knh124				100	86	75	60	78	51-60%
3.5	20knha76					100	70	60	90	61-70%
1.5	20knh026						100	42	65	71-80%
1.5	20knhb76							100	61	>80%
2	20knh075								100	

## B

Norden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20knv073	20knva76	20knv044	20knv124	20knvd76	20knv026	20knvc76	20knv075	
0.5	20knv073	100	53	74	44	20	27		46	<31%
1	20knva76		100	71	81	48	62		67	31-40%
1.5	20knv044			100	66	38	49		68	41-50%
2	20knv124				100	66	65		72	51-60%
3.5	20knvd76					100	47		49	61-70%
1.5	20knv026						100		63	71-80%
1.5	20knvc76									>80%
2	20knv075								100	

## C

Süden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20ksh073	20kshd76	20ksh044	20ksh124	20ksha76	20ksh026	20kshb76	20ksh075	
0.5	20ksh073	100	73	58	58	48	86	87	67	<31%
1	20kshd76		100	80	75	69	82	83	69	31-40%
1.5	20ksh044			100	66	70	65	68	73	41-50%
2	20ksh124				100	80	72	67	74	51-60%
3.5	20ksha76					100	62	57	79	61-70%
1.5	20ksh026						100	93	69	71-80%
1.5	20kshb76							100	65	>80%
2	20ksh075								100	

## D

Süden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20ksv073	20ksva76	20ksv044	20ksv124	20ksvd76	20ksv026	20ksvd76	20ksv075	
0.5	20ksv073	100	74	91	80	73	71		82	<31%
1	20ksva76		100	82	64	54	81		57	31-40%
1.5	20ksv044			100	81	68	73		74	41-50%
2	20ksv124				100	80	58		81	51-60%
3.5	20ksvd76					100	44		76	61-70%
1.5	20ksv026						100		59	71-80%
1.5	20ksvd76									>80%
2	20ksv075								100	

**Abbildung 36:** Dominanzidentitäten der Gemeinschaften auf den Korallensubstraten aus 20 m Tiefe im Selbstvergleichen (eingetragene Werte in [%]).

## A

Norden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		10bnh073	10bnhd66	10bnh044	10bnh124	10bnha66	10bnh036	10bnhb66	10bnh075	
0.5	10bnh073	100	78	51	61	42	54	46	57	<31%
1	10bnhd66		100	52	58	41	56	49	53	31-40%
1.5	10bnh044			100	75	54	51	66	54	41-50%
2	10bnh124				100	48	56	75	57	51-60%
3.5	10bnha66					100	59	61	55	61-70%
1.5	10bnh036						100	57	71	71-80%
1.5	10bnhb66							100	58	>80%
2	10bnh075								100	

## B

Norden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		10bnv073	10bnva66	10bnv044	10bnv124	10bnvd66	10bnv036	10bnvc66	10bnv075	
0.5	10bnv073	100	39	55	49	20	32	19	55	<31%
1	10bnva66		100	24	33	31	30	18	38	31-40%
1.5	10bnv044			100	70	43	54	45	62	41-50%
2	10bnv124				100	65	76	46	59	51-60%
3.5	10bnvd66					100	73	41	41	61-70%
1.5	10bnv036						100	44	54	71-80%
1.5	10bnvc66							100	31	>80%
2	10bnv075								100	

## C

Süden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		10bsh073	10bshd66	10bsh044	10bsh124	10bsha66	10bsh036	10bshb66	10bsh075	
0.5	10bsh073	100	73	86	25	64	46	62	91	<31%
1	10bshd66		100	70	29	82	71	65	81	31-40%
1.5	10bsh044			100	38	59	42	76	87	41-50%
2	10bsh124				99	27	11	62	29	51-60%
3.5	10bsha66					100	83	53	72	61-70%
1.5	10bsh036						100	36	54	71-80%
1.5	10bshb66							100	66	>80%
2	10bsh075								100	

## D

Süden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		10bsv073	10bsva66	10bsv044	10bsv124	10bsvd66	10bsv036	10bsvc66	10bsv075	
0.5	10bsv073	100	53	60	16	32	20	32	45	<31%
1	10bsva66		100	81	41	66	54	58	75	31-40%
1.5	10bsv044			100	38	70	59	63	75	41-50%
2	10bsv124				100	42	40	35	58	51-60%
3.5	10bsvd66					100	83	65	69	61-70%
1.5	10bsv036						100	53	57	71-80%
1.5	10bsvc66							100	63	>80%
2	10bsv075								100	

**Abbildung 37:** Dominanzidentitäten der Gemeinschaften auf den Betonsubstraten aus 10 m Tiefe im Selbstvergleich (eingetragene Werte in [%]).

## A

Norden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20bnh073	20bnhd76	20bnh044	20bnh124	20bnha76	20bnh026	20bnhb76	20bnh075	
0.5	20bnh073	100	68	81	45	59	36	32	65	<31%
1	20bnhd76		100	83	45	58	44	53	47	31-40%
1.5	20bnh044			100	47	68	50	46	63	41-50%
2	20bnh124				100	57	36	57	43	51-60%
3.5	20bnha76					100	53	59	67	61-70%
1.5	20bnh026						100	44	45	71-80%
1.5	20bnhb76							100	42	>80%
2	20bnh075								100	

## B

Norden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20bnv073	20bnva76	20bnv044	20bnv124	20bnvd76	20bnv026	20bnvc76	20bnv075	
0.5	20bnv073	100	64	72	75	34	53	80	44	<31%
1	20bnva76		100	49	56	53	75	62	45	31-40%
1.5	20bnv044			100	82	40	57	64	56	41-50%
2	20bnv124				100	44	66	73	60	51-60%
3.5	20bnvd76					100	66	32	68	61-70%
1.5	20bnv026						100	60	64	71-80%
1.5	20bnvc76							100	42	>80%
2	20bnv075								100	

## C

Süden

horizontal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20bsh073	20bshd76	20bsh044	20bsh124	20bsha76	20bsh026	20bshb76	20bsh075	
0.5	20bsh073	100	41	95	67	80	51	59	87	<31%
1	20bshd76		100	44	75	48	90	70	49	31-40%
1.5	20bsh044			100	67	79	51	59	91	41-50%
2	20bsh124				100	70	73	61	60	51-60%
3.5	20bsha76					100	51	42	76	61-70%
1.5	20bsh026						100	80	52	71-80%
1.5	20bshb76							100	60	>80%
2	20bsh075								100	

## D

Süden

vertikal

		Expositionszeit [a]								
		0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
Plattencode		20bsv073	20bsva76	20bsv044	20bsv124	20bsvd76	20bsv026	20bsvc76	20bsv075	
0.5	20bsv073	100	89	91	87	65	62	69	89	<31%
1	20bsva76		100	92	78	61	57	64	81	31-40%
1.5	20bsv044			100	77	64	52	66	78	41-50%
2	20bsv124				100	70	76	54	96	51-60%
3.5	20bsvd76					100	72	53	67	61-70%
1.5	20bsv026						100	33	72	71-80%
1.5	20bsvc76							100	58	>80%
2	20bsv075								100	

**Abbildung 38:** Dominanzidentitäten der Gemeinschaften auf den Betonsubstraten aus 20 m Tiefe im Selbstvergleich (eingetragene Werte in [%]).

### **Vergleich der Besiedlung auf Platten unterschiedlicher Orientierung**

In der folgenden Abbildung 39 wurden die berechneten Dominanzidentitäten in Hinblick auf Unterschiede durch die Ausrichtung graphisch aufgetragen (vgl. Abb.: 3, A - D). Die Plattenpaarungen unterscheiden sich jeweils in Bezug auf die Orientierung (horizontal / vertikal) und / oder die Belichtung (Nord / Süd).

Auf den ersten Blick ist erkennbar, daß die Matrices in den Abbildungsteilen C und D insgesamt dunkler schattiert sind als die Matrizes in den Abbildungsteilen A und B. Die Dominanzidentität der Zönosen auf den Korallenplatten war demnach deutlich höher als die der Betonplatten. Insbesondere die kurz exponierten Platten aus 20 m Tiefe (0,5- 1,5 Jahr Expositionszeit) unterschieden sich unabhängig von der Orientierung nur geringfügig. Erst die 2- 3,5-jährigen Exponate zeigten ausgeprägtere Differenzierungen.

In 20 m Tiefe scheinen die Faktoren Belichtung und Orientierung verglichen mit dem Substrattyp (Korallenkalk) eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. Mit Ausnahme der 3,5- jährigen Proben waren alle anderen Paarungen vergleichsweise hoch identisch.

Die Dominanzidentitäten der Gemeinschaften auf den Korallensubstraten aus 10 m Tiefe zeigen weniger einheitliche Muster. Das Niveau der Ähnlichkeit ist insgesamt ebenfalls höher als bei den Betonsubstraten, allerdings sind zeitliche Muster nicht so deutlich ausgeprägt wie bei den 20 m - Proben (vgl. Abb. 39, C und D).

Die Ähnlichkeiten der Gemeinschaften auf den Betonsubstraten (Abbildungsteile A und B) sind weniger ausgeprägt als die der Korallensubstrate (C und D). Die dunkleren Felder in der ersten und letzten Zeile der Graphik (Teil B) deuten an, daß bei diesem Substrattyp die Belichtung (Süden bzw. Norden) der entscheidende Faktor war. Alle anderen Paarungen der 20 m -Platten zeigen Werte < 60% für die Dominanzidentität.

### **Bathymetrischer Vergleich**

Bei diesen Berechnungen wurden jeweils Plattenpaare gleichen Substrattyps, identischer Orientierung und Expositionszeit aus 10 und 20 m Tiefe miteinander verglichen (vgl. Abb. 40 A) Die Dominanzidentitäten deuten darauf hin, daß die Gemeinschaften auf den Betonsubstraten aus 10 und 20 m bis zu einer Expositionszeit von etwa 1,5 Jahren immer ähnlicher werden. Danach fällt die Übereinstimmung bis zum Versuchsende auf ungefähr 70 % zurück.

Der Vergleich der Korallensubstrate zeigt ein ähnliches Muster. Bereits nach einem Jahr werden Übereinstimmungen von 63 % erreicht. Zum Versuchsende hin nimmt die Dominanzidentität jedoch auf etwa 60 % ab.

Der Vergleich der Plattenpaare aus der selben Tiefe, identischer Orientierung und Expositionszeit brachte für beide untersuchten Tiefenstufen ähnliche Ergebnisse.

Sowohl in 10 m als auch in 20 m Tiefe waren die Übereinstimmungen nach 1 Jahr Expositionszeit am deutlichsten. Abgesehen von der Paarung KSV-BSV (10 m) waren alle anderen Vergleichspaare zu über 73 % identisch. Die Abnahme der Dominanzidentität im weiteren Verlauf des Experimentes markiert die einsetzende Differenzierung der jeweiligen Gemeinschaften.

### **Substrattypenvergleich**

Vergleicht man die Besiedlung von Substratplatten, die sich lediglich in Bezug auf den Substrattyp unterscheiden, so zeigten sich für beide untersuchten Tiefenstufen ähnliche Muster (vgl. Abb. 40 B). Nach einem halben Jahr unterscheiden sich die benthischen Gemeinschaften noch vergleichsweise deutlich, die Unterschiede in 20 m Tiefe sind ausgeprägter als in 10 m Tiefe.

Nach einem Jahr sind alle Vergleichspaarungen hoch identisch (durchschnittlich über 80 %) mit der Ausnahme der Plattenpaarung für die Orientierung SV aus 10 m Tiefe.

In der Folge des ersten Jahres differenzieren sich die Gemeinschaften auf den beiden Substrattypen bis zum Ende der Untersuchung nach 3,5 Jahren zunehmend und sind nach 3,5 Jahren nur noch zu etwa 50 % identisch.

**A****Vergleich horizontal-vertikal Beton 10m**

gleicher Substrattyp, selbe Tiefe, unterschiedliche Orientierung

	Expositionsdauer [a]								
	Datensatz					Replikate			
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
NH-NV	56	52	52	78	34	40	56	66	<31%
NH-SH	75	72	46	53	42	17	46	38	31-40%
NH-SV	36	65	44	35	37	33	62	55	41-50%
NV-SV	60	23	42	40	43	64	45	61	51-60%
NV-SH	62	25	47	58	42	54	10	50	61-70%
SH-SV	59	77	84	43	87	76	56	44	71-80%
									>80%

**B****Vergleich horizontal-vertikal Beton 20m**

gleicher Substrattyp, selbe Tiefe, unterschiedliche Orientierung

	Expositionsdauer [a]								
	Datensatz					Replikate			
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
NH-NV	64	53	64	62	41	73	55	64	<31%
NH-SH	3	60	19	30	27	46	36	21	31-40%
NH-SV	15	29	24	36	56	79	35	23	41-50%
NV-SV	51	57	31	48	36	58	58	39	51-60%
NV-SH	39	50	27	29	52	48	53	40	61-70%
SH-SV	86	44	80	71	56	48	91	86	71-80%
									>80%

**C****Vergleich horizontal-vertikal Koralle 10m**

gleicher Substrattyp, selbe Tiefe, unterschiedliche Orientierung

	Expositionsdauer [a]								
	Datensatz					Replikate			
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
NH-NV	68	70	83	83	62	69	63	30	<31%
NH-SH	61	79	67	64	84	49	57	53	31-40%
NH-SV	74	34	77	56	46	58	71	32	41-50%
NV-SV	77	60	86	49	73	60	79	70	51-60%
NV-SH	53	61	77	50	61	42	71	33	61-70%
SH-SV	67	41	82	74	58	68	73	49	71-80%
									>80%

**D****Vergleich horizontal-vertikal Koralle 20m**

gleicher Substrattyp, selbe Tiefe, unterschiedliche Orientierung

	Expositionsdauer [a]								
	Datensatz					Replikate			
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2	
NH-NV	85	60	94	70	52	67		72	<31%
NH-SH	82	62	70	51	63	44	60	72	31-40%
NH-SV	77	58	84	56	46	57		67	41-50%
NV-SV	72	71	81	55	30	43		57	51-60%
NV-SH	88	69	64	42	40	31		53	61-70%
SH-SV	79	65	73	71	43	59		66	71-80%
									>80%

**Abbildung 39:** Dominanzidentitäten der benthischen Gemeinschaften.

(A) Vergleich der Gemeinschaften auf den horizontal bzw. vertikal ausgerichteten Betonsubstraten aus 10 m Tiefe.

(B) Vergleich der Gemeinschaften auf den horizontal bzw. vertikal ausgerichteten Betonsubstraten aus 20 m Tiefe.

(C) Vergleich der Gemeinschaften auf den horizontal bzw. vertikal ausgerichteten Korallensubstraten aus 10 m Tiefe.

(C) Vergleich der Gemeinschaften auf den horizontal bzw. vertikal ausgerichteten Korallensubstraten aus 20 m Tiefe.

**A****bathymetrischer Vergleich**

gleicher Substrattyp, gleiche Orientierung, unterschiedliche Tiefe

**Vergleich 10m +20m Beton**

	Expositionsdauer [a]							
	Datensatz					Replikate		
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
BNH	24	43	35	62	73	43	60	49
BNV	66	48	83	72	67	60	21	52
BSH	85	50	82	64	93	33	85	28
BSV	55	83	91	43	61	74	43	82

**Vergleich 10m +20m Koralle**

	Expositionsdauer [a]							
	Datensatz					Replikate		
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
KNH	46	63	71	79	58	57	64	46
KNV	70	63	66	69	57	60		54
KSH	51	63	92	67	60	85	69	56
KSV	67	25	73	70	39	77		61

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

**B****Substrattypenvergleich**

gleiche Orientierung, selbe Tiefe, unterschiedliche Substrattypen

**Vergleich Koralle mit Beton 10m**

	Expositionsdauer [a]							
	Datensatz					Replikate		
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
KNH-BNH	58	89	69	49	45	67	24	52
KNV-BNV	74	73	53	68	52	38	16	62
KSH-BSH	68	80	73	49	52	46	91	57
KSV-BSV	58	19	74	60	68	42	50	72

**Vergleich Koralle mit Beton 20m**

	Expositionsdauer [a]							
	Datensatz					Replikate		
	0.5	1	1.5	2	3.5	1.5	1.5	2
KNH-BNH	39	82	67	48	51	74	55	70
KNV-BNV	56	83	44	49	74	62		46
KSH-BSH	33	91	67	64	54	77	74	66
KSV-BSV	60	79	66	53	38	61		45

<31%
31-40%
41-50%
51-60%
61-70%
71-80%
>80%

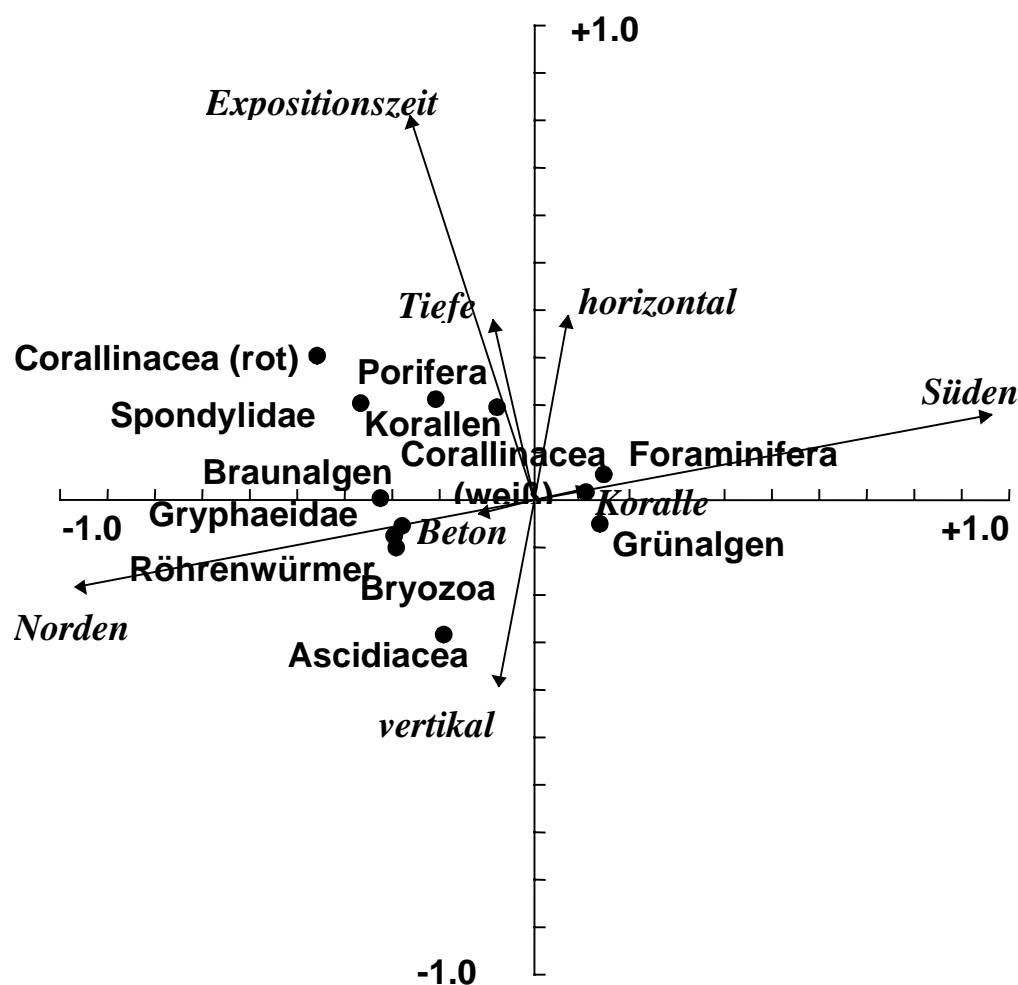
**Abbildung 40:** Dominanzidentitäten der benthischen Gemeinschaften:

(A) Vergleich der Besiedlung von Platten identischer Orientierung, des selben Substrattyps, aber unterschiedlicher Bathymetrie.

(B) Vergleich der Besiedlung von Platten aus gleicher Tiefe, identischer Orientierung, aber unterschiedlichen Substrattyps.

#### 4.1.4 Ordination (Kanonische Korrespondenzanalyse, KANOKO)

Die Ordination ist ein multivariates statistisches Verfahren, mit dem Zusammenhänge zwischen Taxa, Probestellen und/oder abiotischen Faktoren ermittelt und dargestellt werden können. Dabei wird zwischen klassischer Ordination (CA, PCA) und kanonischer Ordination (CCA) unterschieden. Interpretiert wird die Gruppenbildung von Taxa oder Probestellen in einem Koordinatenkreuz. Als Interpretationshilfen dienen die Gradienten der abiotischen Parameter. Einen hohen Aussagewert haben nahe der Achsen des Koordinatenkreuzes liegende, lange Gradienten (als Pfeile dargestellt). Detaillierte Informationen zu KANOKO finden sich bei NOY-MEIR et al. (1975), NOY-MEIR (1973) und AHN (1997).



**Abbildung 41:** Graphische Darstellung von Ergebnissen der Korrespondenzanalyse von Daten zur Besiedlungssukzession von Substratplatten (Gradienten kursiv beschriftet).

Die graphische Darstellung der Korrespondenzanalyse faßt die bereits im Detail beschriebenen Befunde zusammen. Der auffälligste bi- direktionale Gradient wird von der Belichtungssituation gebildet (Norden - Süden). Im Vergleich hierzu bildet sich die unidirektionale "Tiefe" auf dem dargestellten relativ niedrigen Niveau der



taxonomischen Differenzierung deutlich geringer in den benthischen Gemeinschaften ab.

Des weiteren wird die Expositionszeit als relevanter unidirektionaler Gradient ausgewiesen.

Interessant ist die fast deckungsgleiche Richtung des Gradienten Substrattyp (*Koralle* bzw. *Beton*) mit der Belichtung (*Norden* bzw. *Süden*).

Die untersuchten Taxa gruppieren sich zu zwei Grundtypen von Gemeinschaften:

1. Photophile Gemeinschaften: charakterisiert durch Grünalgen und Foraminifera;
2. Photophobe Gemeinschaften: charakterisiert durch Muscheln (*Spondylidae*, *Gryphaeidae*), Kalkrotalgen und Schwämme.

Koloniale Ascidien scheinen eine Art Subtyp von Gemeinschaften mit Präferenzen für lichtabgewandte, vertikale Substratflächen zu charakterisieren.

Die Interpretation des KANOKO Befundes muß mit der gebotenen Vorsicht bewertet werden. Zum einen kann nicht davon ausgegangen werden, daß die zugrunde gelegten Kategorien unabhängig sind, (mit zunehmender Tiefe oder auch durch die Veränderung der Orientierung der Platten ändert sich beispielsweise auch die Belichtungssituation) zum anderen suggeriert die isolierte Betrachtung der kanonischen Ordination die Zuordnung eines Steuerungseffektes zu einem "Parameter", der vielleicht nicht ursächlich zur Strukturierung der Gemeinschaft beigetragen hat. Der Zusammenhang von belichteten Substratflächen, einer hierdurch gesteuerten Primärproduktion, die wiederum eine potentielle Beweidung und damit die Substraterosion, wie auch die Überlebenschancen von Aufwuchsorganismen kontrolliert, wird und kann über KANOKO nicht aufgelöst werden. Die speziellen Probleme der Isolation teil- korrelierter Parameter und indirekter Steuerungsmechanismen werden in den Kapiteln Weidedruck (4.4), Bioerosion (4.5) und Synopsis (5) näher betrachtet.

## 4.2 Besiedlung der EES-Zylinder durch Scleractinia

### 4.2.1 Material

Die EES-Zylinder wurden nach 12, 19, 23, 27 und 35 Monaten Expositionszeit unter Wasser sowohl außen als auch auf der Innenseite nach spontan angesiedelten Korallen abgesucht. Korallenkolonien wurden unter Wasser soweit als möglich bestimmt und kartiert. Nach 39 Monaten wurden die Zylinder geborgen, getrocknet und zum Transport in jeweils vier Sektoren zerlegt. Diese Sektoren wurden zusätzlich zu der in-situ-Inspektion unter Verwendung eines Vergrößerungsglases nochmals untersucht. Es stehen somit für jeden Zylinder 6 Datensätze über den Besiedlungszustand durch Steinkorallen zur Verfügung.<sup>1</sup>

### 4.2.2 Steinkoralleninventar auf den EES- Zylindern

Insgesamt konnten 532 Korallenkolonien auf den EES-Zylindern nachgewiesen werden (Gesamtfläche der Zylinder ca. 13 m<sup>2</sup>). 19 Arten bzw. höhere Taxa aus 9 Familien konnten angesprochen werden. Im Rahmen der sehr detaillierten Untersuchung von MERGNER und SCHUHMACHER (1974) im selben Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 66 Scleractinia-Spezies nachgewiesen werden, 44 davon im gleichen Riffareal. Etwa die Hälfte dieses Arteninventars siedelte innerhalb des Untersuchungszeitraums auf den EES-Zylindern. Taxonomisch schwierige Gattungen wie *Acropora* und *Porites* wurden als Gattungstaxon zusammengefaßt da eine sichere Ansprache auf Artniveau aufgrund der geringen Koloniegröße (z. T. lediglich Primärpolypen) nicht möglich war. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich hinter diesen Sammeltaxa verschiedene Arten verbergen. Tabelle 6 zeigt das Arteninventar und Abundanzen der Steinkorallen / Hydroidea auf den einzelnen Zylindern nach 39 Monaten Expositionszeit.

Die Zylinder in 10 m Tiefe waren mit insgesamt 462 Kolonien dichter besiedelt als die Exponate aus 20 m Tiefe mit nur 70 Kolonien. Die klassische Pionierart *Stylophora pistillata* (LOYA 1976) stellte 57 % der Neubesiedlung durch Korallen und war somit der erfolgreichste Besiedler der neuen Substrate (61 % der Besiedlung in 10 m Tiefe, 31 % der Kolonien auf den 20 m Zylindern). Die zweithäufigste Gattung war *Acropora*. *Stylophora* und *Acropora* sind im Untersuchungsgebiet aspektbildende Gattungen bis zu einer Tiefe von etwa 30 m (MERGNER & SCHUHMACHER 1974).

*Stylophora pistillata* bildet mit dem Tiefengradienten morphologisch unterscheidbare Ökomorphen. Die Tiefenformen von *S. pistillata* zeigen häufig Abflachungen der weiter ausgebreiteten Kolonieäste bei einem allgemein etwas fragileren Habitus. Hinweise auf die Existenz zweier syntoper Spezies wurden bislang nicht bestätigt.

---

<sup>1</sup> Die Herstellung der Zylinder inklusive der anschließenden Bestromung dauerte 3 Monate. Aufgrund der hohen Stromdichte kann erst nach Beendigung der Bestromung eine Besiedlung erfolgen, so daß die Zeit, in der eine Besiedlung möglich gewesen wäre, etwa drei Monate kürzer war als die jeweiligen Expositionszeiten. Zum Zeitpunkt der Entnahme waren die Zylinder 3,5 Jahre zur Besiedlung exponiert.

		10m Tiefe						20mTiefe							
		Zylinderkodierung		K1		K2		K3		K4		K5		K6	
Taxon		außen/innen		A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
<b>Milleporidae</b>															
<i>Millepora exesa</i>		2	4			1		1					1	1	1
<i>Millepora dichotoma</i>								1	1						
<b>Pocilloporidae</b>															
<i>Stylophora pistillata</i> Esper 1797		34	50	24	60	47	62	2	4	8	2	4	2		
<i>Seriatopora</i> spec. Lamarck 1816						1	1								
<i>Pocillopora damicornis</i> Linnaeus 1758		10	11	3	3	1	1								
<b>Acroporidae</b>															
<i>Acropora</i> spec. Oken 1850		7	8			3		10	17	4		1			
<i>Montipora monasteriata</i> Forskal 1775														1	1
<b>Agariciidae</b>															
<i>Pavona</i> cf. <i>varians</i> Verrill 1864			1	1	1	3	7	3	3	2	5	2	2		
<b>Siderasreidae</b>															
<i>Psammocora haimeana</i> Edwards &Haime 1851		2	1				3		1	1		1	1	1	1
<b>Porititidae</b>															
<i>Porites</i> spec. Link 1807		8	6	2		4	1			2	1				
<b>Faviidae</b>															
<i>Favites</i> spec. Link 1807			1			1	2	2		1					
<i>Favites</i> cf. <i>pectinata</i>		2	4	1	1	4	5								
<i>Favites abdita</i> Ellis & Solander 1786		2	1												
<i>Leptastrea bottae</i> Edwards & Haime 1848		7	1	1	1	2	1	2	3	1					
<i>Cyphastrea microphthalma</i> Lamarck 1816		1	3			2				1	1	1	1		
<i>Echinopora gemmacea</i> Lamarck 1816				4	1										
<b>Mussidae</b>															
<i>Lobophyllia</i> cf. <i>hemprichi</i> Ehrenberg 1834		5					1								
<b>Dendrophylliidae</b>															
<i>Tubastraea micranthus</i>		1		1											
cf. <i>Culicia</i> spec. Dana 1846										1					
<b>Scleractinia non det</b>															
Summe															
		82	91	37	72	78	102	11	13	16	11	11	8		

**Tabelle 6:** Korallenbesiedlung (Scleractinia / Hydroidea) der EES- Zylinder nach 39 Monaten Expositionszeit.

Ab etwa 20m Tiefe findet man nur noch selten die im Flachwasser häufigen, blau bis purpur gefärbten Farbvarianten von *S. pistillata*, die dort syntop mit beigen Morphen vorkommen. (Ähnliches gilt für Farbvarianten bei *Acropora variabilis*).

*Pocillopora damicornis* als weitere Pionierform siedelte als typische Flachwasserart (NEUDECKER 1979, FITZHARDINGE 1985, FITZHARDINGE 1988) ausschließlich auf den 10 m-Zylindern. Diese Art trat hier schon vergleichsweise früh auf (vgl. Anhang Korallenkartierung nach 12 Monaten). *Porites*- Arten, ebenfalls wichtige Faunenelemente in den Saumriffen des nördlichen Golfs von Aqaba (MERGNER & SCHUHMACHER 1974), besiedelten sowohl Zylinder in 10 m als auch in 20 m Tiefe, jedoch in geringen Abundanzen. Dies ist in so fern erstaunlich, als die Riffe bei

Aqaba etwa ab einer Tiefe von 20 m an vielen Standorten *Porites/ Montipora/ Pavona* Gemeinschaften aufweisen (REINICKE 1994).

Die krustig wachsende Art *Pavona varians* war auf allen Zylindern vertreten. Während ihr Anteil an der Besiedlung auf den Zylindern aus 10 m Tiefe nur 3 % ausmachte, stellte diese Art etwa 24 % der Korallenkolonien auf den Zylinderflächen in 20 m Tiefe. Dieses Muster deckt sich mit dem natürlichen Verbreitungsschwerpunkt dieser Art. *Porites*, eine Gattung die bei Aqaba durchaus bis in Tiefen von über 40 m vorkommt, bildet ihre Präsenz in der natürlichen Korallengemeinschaft weniger deutlich im Besiedlungsmuster der Zylinder ab.. Nur drei Kolonien wurden auf den Substraten aus 20 m Tiefe nachgewiesen.

*Stylophora pistillata* und *Pavona varians* waren die häufigsten Arten auf den 20 m-Zylindern. *Stylophora pistillata* war ausschließlich durch hell pigmentierte Morphen vertreten.

Die einzigen Taxa, die ausschließlich auf den 20 m- Exponaten nachgewiesen wurden, waren *Montipora monasteriata* und die ahermatypische Gattung *Culicia*. Die Gattungen *Montipora*, *Porites* und *Pavona* dominieren den Vorriffbereich in einer Tiefe von 20 bis 30 m.

*Favites pectinata*, *Echinopora gemmacea* und *Lobophyllia cf. hemprichi* wurden nur auf den 10 m-Exponaten gefunden.

#### 4.2.3 Vergleich der Proto - Korallengemeinschaften auf den EES- Zylindern

Die Artenzusammensetzung der Korallengemeinschaften wurde anhand der Dominanzidentität nach Renkonen in Bezug auf Ähnlichkeiten der verschiedenen Exponate verglichen (Abb. 42).

10m Tiefe						20mTiefe							
K1		K2		K3		K4		K5		K6			
A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I		
100	77	61	53	58	58	35	42	67	32	44	32	A	K1
	100	73	69	76	74	29	35	69	34	46	34	I	
		100	75	80	69	24	36	61	26	39	31	A	K2
			100	78	71	25	35	57	21	39	30	I	
				100	78	27	41	67	33	45	36	A	K3
					100	43	44	68	26	46	38	I	
						100	59	43	45	36	45	A	K4
							100	56	41	57	59	I	
								100	46	61	54	A	K5
									100	64	54	I	
										100	74	A	K6
											100	I	

<31%	
31-40%	
41-50%	
51-60%	
61-70%	
71-80%	
>80%	

K1-K6 = Zylinderkennung  
A = Außenflächen  
I = Innenflächen

**Abbildung 42:** Dominanzidentität der Scleractinia- Gemeinschaften auf den EES- Zylindern nach 39 Monaten Expositionszeit.

Die schattierte Ähnlichkeitsmatrix verdeutlicht die hohe Dominanzidentität aller 10 m- Gemeinschaften miteinander. Beim Selbstvergleich der 10 m- Proben wird eine Übereinstimmung von 53 % nicht unterschritten, der Mittelwert lag bei 70 % (ohne Selbstvergleiche). Die hohen Abundanzen von *Stylophora pistillata* auf allen Flächen in 10 m Tiefe bedingen, dass potenzielle Unterschiede überlagert werden werden.

Die Übereinstimmung der Korallengemeinschaften auf den 20 m-Flächen war deutlich geringer (hellere Schattierungen im rechten unteren Teil der Abbildung 42). In Folge der insgesamt geringen Besiedlungsdichte bilden sich Einzelfunde als deutliche Unterschiede im Gesamtergebnis ab (vgl. Tabelle 6).

Der Vergleich von 10 und 20 m- Proben zeigt jedoch, dass die Korallengemeinschaften in den betrachteten Tiefenstufen deutlich unterschiedlich waren (Felder rechts oben in Abbildung 42). Mit Ausnahme der Gemeinschaft K5A erreichte keine der anderen Proben das 50 %- Ähnlichkeitsniveau. Da *S. pistillata* sowohl in 10 als auch in 20 m die häufigste Art war, ist auszuschließen, dass diese Art allein das Bild überprägt.

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass die Besiedlung von Freiflächen durch Korallen in den betrachteten Tiefenzonen durch unterschiedliche Artenspektren zu erwarten ist. Interspezifische Raumkonkurrenz von Steinkorallen kann als Steuerfaktor aufgrund der geringen Besiedlungsdichten ausgeschlossen werden. Aufgrund der räumlichen Nähe der Versuchsaufbauten kann angenommen werden, daß sich die Sedimentbelastungen in 20 m Tiefe nicht grundlegend von den Bedingungen in 10 m Tiefe unterscheiden. Das geringere Lichtangebot mag photophile Arten ausschließen, allerdings bleibt zu konstatieren, dass es sich bei der natürlichen Gemeinschaft in 20 m Tiefe keineswegs um eine oligospezifische, streng schwachlichtadaptierte Zönose handelt, wie das Vorkommen von Arten mit hoher ökologischer Valenz belegt (vgl. REINICKE 1994). Hermatypische Steinkorallen kommen im nördlichen Golf von Aqaba bis in Tiefen von über 100 m vor (FRICKE & SCHUHMACHER 1983, SCHUHMACHER 1983, SCHLICHTER & FRICKE 1991).

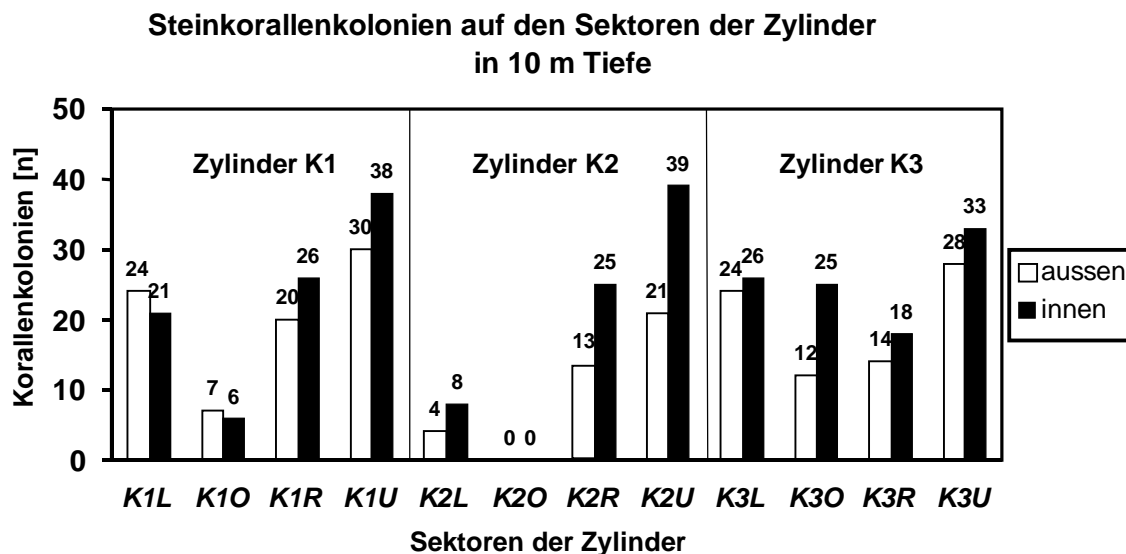
Möglicherweise verfolgen die Korallen standortbedingt unterschiedliche Reproduktionsstrategien. Die Produktion von Gameten oder Planulae erfordert Energie. Jenseits des Verbreitungsoptimums (FISHELSON 1995, HARRISON & WALLACE 1990) mag die sexuelle Fortpflanzung nach der Verfügbarkeit von Stoffwechselenergie zeitlich in größeren Intervallen verlaufen (SCHLESINGER & LOYA 1985). HIGHSMITH (1982), wie auch RICHMOND (1996) UND HARRISON & WALLACE (1990) beschreiben in ihren Übersichten die große Plastizität der Fortpflanzungsmodi und Anpassungen von Korallen an sub-optimale Habitatbedingungen.

Die geographische Lage der Riffe bei Aqaba sowie die zunehmenden arthropogenen Einflüsse in dieser Region (FISHELSON 1995) geben Anlaß solche Bedingungen für einige Zonen der untersuchten Riffe zu postulieren. Dieses Postulat konnte jedoch in der vorliegenden Untersuchung nicht überprüft werden.

#### 4.2.4 Räumliche Muster der Korallenbesiedlung auf den EES- Zylindern

Die Besiedlung durch Korallen verteilte sich nicht gleichmäßig über die angebotenen Substratflächen. Die Aufhängung und Orientierung der EES-Zylinder bedingte abiotische Gradienten, die als Steuerfaktoren den Ansiedlungsprozess von Korallenlarven beeinflussen können. Direkte Gradienten traten in Bezug auf Lichtangebot, Sedimentexposition und Strömung auf. Indirekte Gradienten ergaben sich aus möglicherweise unterschiedlichem Weidedruck in Folge unterschiedlicher Primärproduktion von epi- und endolithischen Algen, aber auch durch die Zugänglichkeit für weidende Fische. Wenngleich sich manche der Faktorenkomplexe mit dem verwendeten Versuchsaufbau nicht differenziert betrachten lassen (z. B. Exposition zum Licht bedingt z. B. ebenfalls zumeist eine Exposition gegenüber Sediment), lassen sich generelle Trends der Besiedlungsmuster anhand der vergleichenden Betrachtung der einzelnen Sektoren auf den Zylindern ablesen.

Jeder Zylinder wurde nach der Entnahme in vier gleich große Sektoren zerlegt (vgl. Abb. 48- 50). Die Korallenbesiedlung auf den einzelnen Sektoren wurde einzeln erfaßt und sowohl für die Außen- als auch die Innenseiten separat ausgewertet und in Abbildung 43 und 44 graphisch dargestellt.

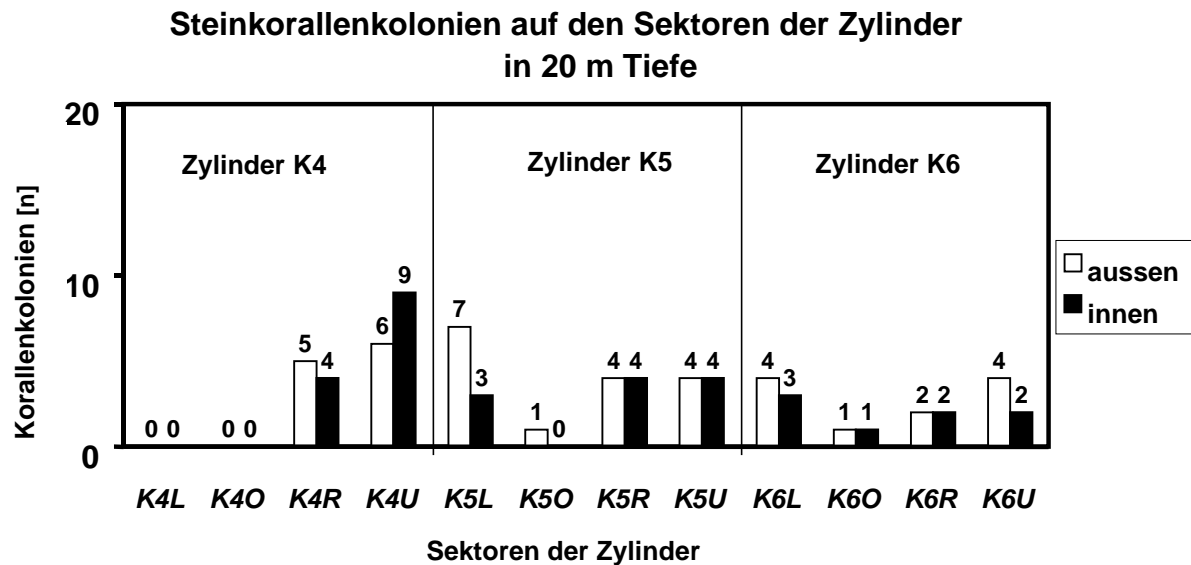


**Abbildung 43:** Summierte Steinkorallenbesiedlung aufgeschlüsselt nach Fundort auf der Zylinderabwicklung der Exponate aus 10 m Tiefe.

K1, K2, K3 = Zylinderkennung, Sektorenorientierung: L = links, O = oben, R = rechts, U = unten.

Die Verteilung der neu angesiedelten Korallen über die Zylinderflächen war nicht homogen. Der Vergleich der Korallenabundanzen zeigte, dass die oberen Sektoren (O) der Zylinder zumeist die wenigsten Kolonien aufwiesen (Ausnahme K3). Die dichteste Korallenbesiedlung fand sich bei den 10 m -Zylindern immer jeweils auf den Unterseiten. Dieses generelle Muster war durchgängig feststellbar, unabhängig davon, ob die Außen- oder die Innenseite betrachtet wurde.

Die Zylinder aus 20 m Tiefe zeigten ein weniger einheitliche Bild. Abgesehen von den schwach besiedelten Oberseiten ließ sich für die restlichen Sektoren (R, L, U) keine generelle Rangfolge feststellen.



**Abbildung 44:** Summierte Steinkorallenbesiedlung auf den EES- Zylindern aus 20m Tiefe aufgeschlüsselt nach Fundort auf der Zylinderabwicklung.  
K4, K5, K6 = Zylinderkennung, Sektorenorientierung: L = links, O = oben, R = rechts, U = unten.

Vergleicht man die Anzahl der Korallenrekruten auf den Außen- und Innenflächen der Zylinder so fällt auf, dass fast alle Sektoren der 10 m-Zylindern innen dichter mit Steinkorallen besiedelt waren als die Außenflächen. Für die Zylinder aus 20 m Tiefe gilt eher das Gegenteil. Wenn auch innerhalb des Testkörpers noch ausreichend Licht für die Entwicklung von zooxanthellaten Steinkorallen zur Verfügung steht, wie für die Zylinder in 10 m Tiefe anzunehmen, scheint der geringere Weidedruck auf der Innenseite eine Ansiedlung von Korallen zu begünstigen. Obwohl Fische auch bei der Beweidung der Innenflächen beobachtet wurden, waren sie deutlich häufiger über den Außenflächen anzutreffen.

In wie weit reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten im Inneren der Testkörper das Absinken von Korallenlarven aus der Wassersäule zusätzlich fördern bleibt ungeklärt. Es wurde beobachtet, dass nach ungewöhnlich hohen Sedimenteinträgen (nach Südstürmen) die Verweildauer von Sediment auf der Unterseite (innen) erheblich länger war als auf der Oberseite (aussen) der Zylinder. Diese Sedimenteinträge führten scheinbar nicht zu einer Behinderung der Korallenansiedlung.

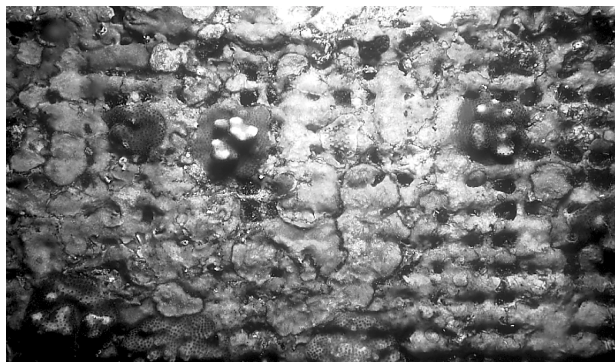
Der auffälligste Unterschied in der Besiedlungsdichte zeigt sich im Vergleich der oberen und unteren Sektoren der Zylinderflächen aus 10 m Tiefe. Während die Oberseiten nur spärlich oder gar nicht besiedelt waren, fanden sich auf der Unterseite der Zylinder nach 3,5 Jahren jeweils zwischen 33 und 39 Scleractinia-

Kolonien. Neben den Steinkorallenrekruuten siedelten auch Bryozoa, Foraminifera und anderes Riffbenthos auf den Unterseiten (außen). Im Gegensatz zu den Oberseiten, die zum teil erhebliche Spuren von Bioerosion aufwiesen, überzog die Unterseiten eine fast geschlossene biogene Kruste (vgl. Abb. 45 und 46).

Schließt man Sedimentation als Steuerungsfaktor angesichts der Befunde der Innenflächen aus und betrachtet die Weideintensität, ist es bemerkenswert, warum diese Flächen offensichtlich nicht so stark beweidet wurden, wie die Flächen in unmittelbarer Nachbarschaft. Die geringere PAR auf den Unterseiten (außen) mag für eine verminderte Produktivität der Turf-Algen verantwortlich sein, allerdings könnten auch morphologische Besonderheiten oder Verhaltensmuster der weidenden Fische zu diesem Phänomen beigetragen haben. Während Scariden aus jeder Lage heraus Aufwuchs abweiden können, wurden Acanthuriden praktisch nie "über Kopf weidend" angetroffen. Ihr unterständiges Maul ist offenbar wenig geeignet für diese Form der Nahrungsaufnahme.

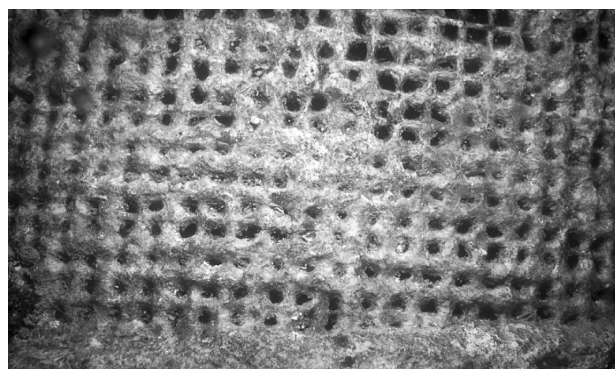
Betrachtet man die wenigen Arten, welche trotz möglicherweise hohen Weidedrucks erfolgreich die Zylinderflächen besiedelten, so scheinen besonders *Pocillopora damicornis* und *Stylophora pistillata* gegenüber anderen Steinkorallen im Vorteil zu sein. Beide Arten verfügen über vergleichsweise große Planulae. *P. damicornis* kann bereits innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Festsetzung die ersten Septen bilden (FITZHARDINGE 1988) wohingegen die meisten *Acropora*-Arten erst nach zehn Tagen die ersten Skelettstrukturen bilden können.

Leider gibt es keine Daten über die Verfügbarkeit und den Anteil der einzelnen Arten an der Larvendrift, so daß Befunde zwar beschreibbar, ohne weitere Untersuchungen aber nur mit Vorsicht interpretierbar sind.



**Abbildung 45:** Close-up-Photographie der Unterseite des EES-Zylinders K1 nach 3,5 Jahren Expositionszeit.

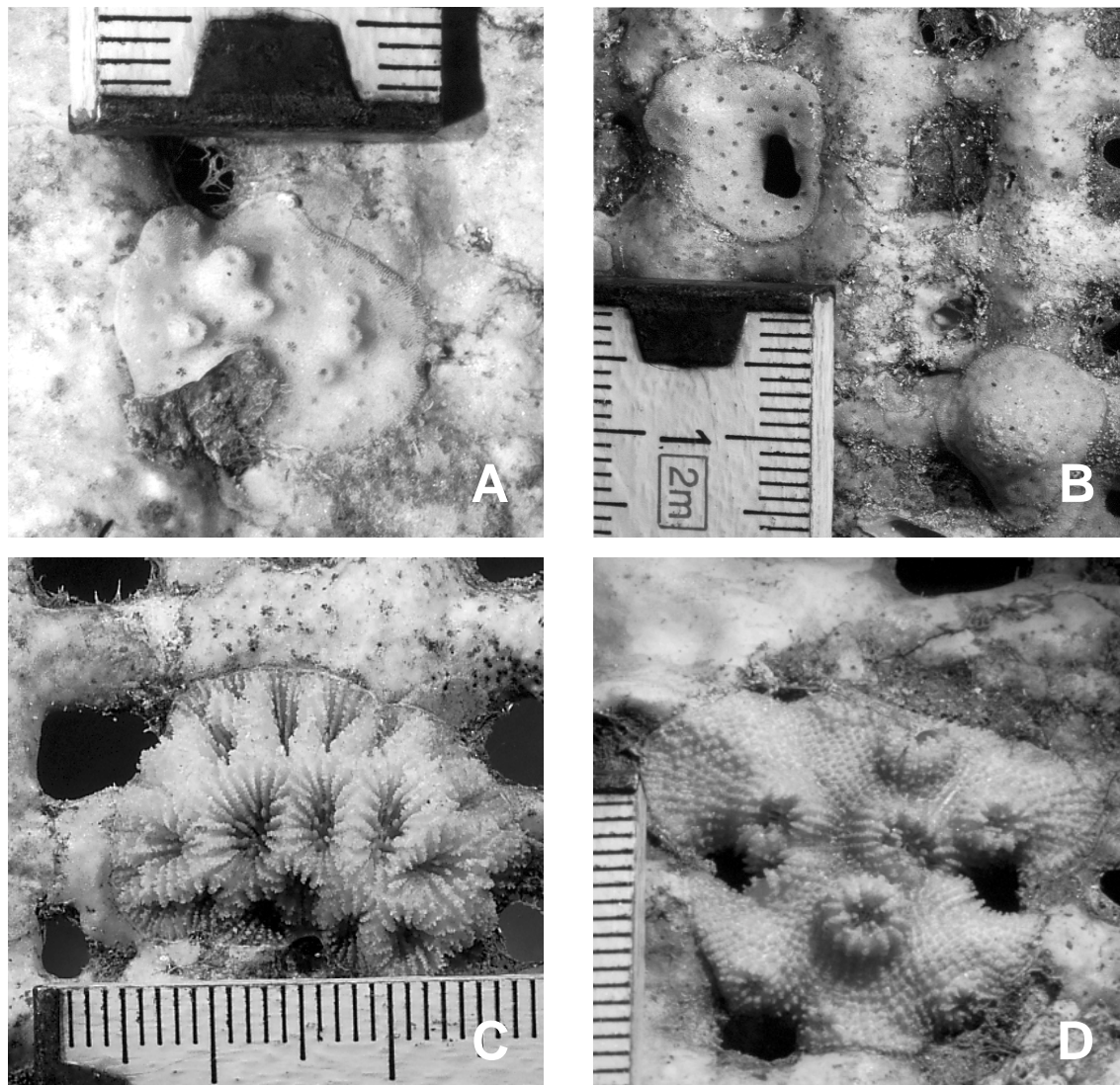
Das Substrat war praktisch flächendeckend mit Krustenbildnern überwachsen. Neben verschiedenen Steinkorallenkolonien sind auch verschiedene Bryozoen- Zoarien und Foraminiferenkrusten erkennbar.



**Abbildung 46:** Close-up-Photographie der Oberseite des EES-Zylinders K1 nach 3,5 Jahren Expositionszeit.

Das Substrat zeigt deutliche Spuren biogenen Abtrags, die wenigen Benthosorganismen saßen an den Innenseiten der verbliebenen Gittermaschen. Dort waren sie der Beweidung nicht so stark ausgesetzt.





**Abbildung 47:** Steinkorallenkolonien auf EES-Zylindern nach 3,5 Jahren Expositionszeit.

A: *Acropora*-Kolonie im Stadium beginnender Zweigbildung.

B: *Acropora*-Kolonie (links oben) und *Porites*-Kolonie (rechts unten). Gut erkennbar ist das Durchwachsen der *Acropora*-Kolonie durch das EES-Gitter.

C: *Favites* cf. *pectinata* Rekrut.

D: *Echinopora gemmacea*-Kolonie.

**Symbolkodierung** für die graphische Darstellung der Zylinderabwicklungen auf den folgenden Seiten:

Die Größe der Symbole wurde so gewählt, dass die relative Koloniegöße erkennbar ist.

✠ *Millepora spec.*

● *Stylophora pistillata*

⬢ *Seriatopora spec.*

★ *Pocillopora damicornis*

▲ *Acropora spec.*

◈ *Montipora monasteriata*

○ *Pavona varians*

◆ *Psammocora haimeana*

▲ *Porites spec.*

■ *Favites spec.*

◻ *Leptastrea bottea*

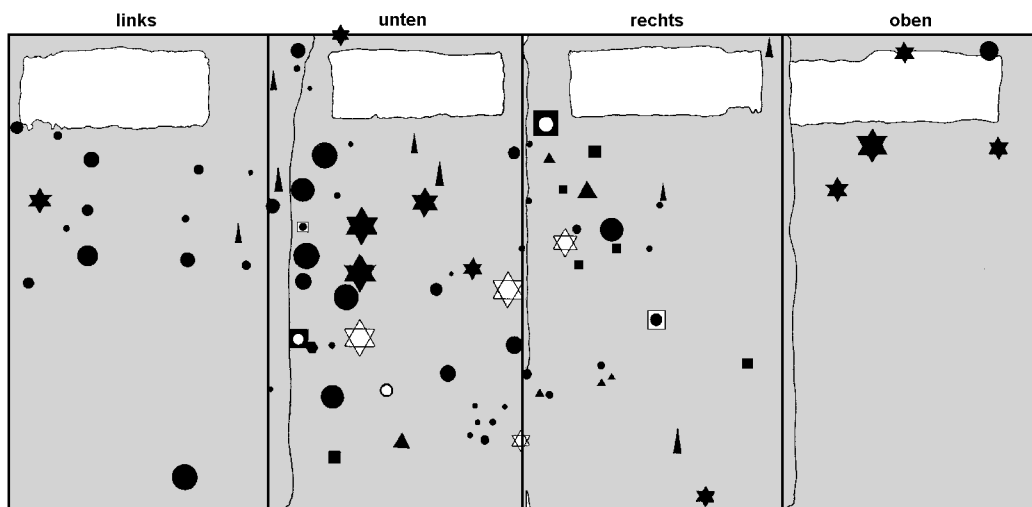
◻ *Cyphastrea microthalma*

⬢ *Echinopora gemmacea*

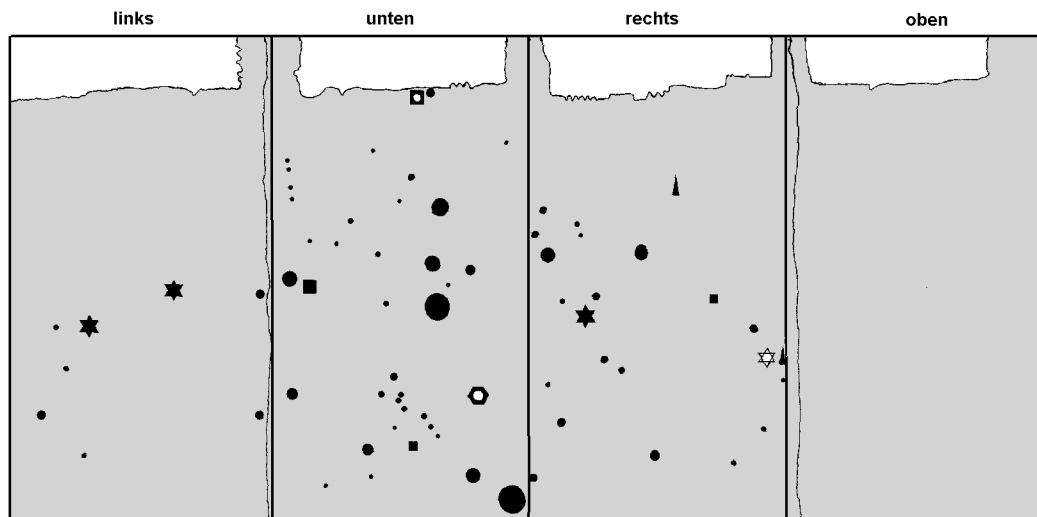
▲ *Lobophyllia spec.*

⊕ *Tubastrea micranthus*

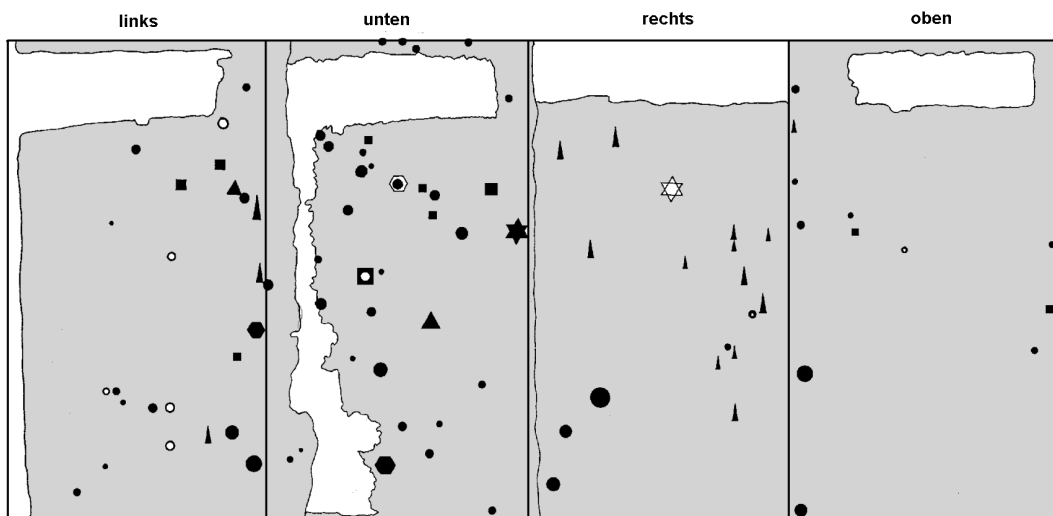
K1 außen



K2 außen

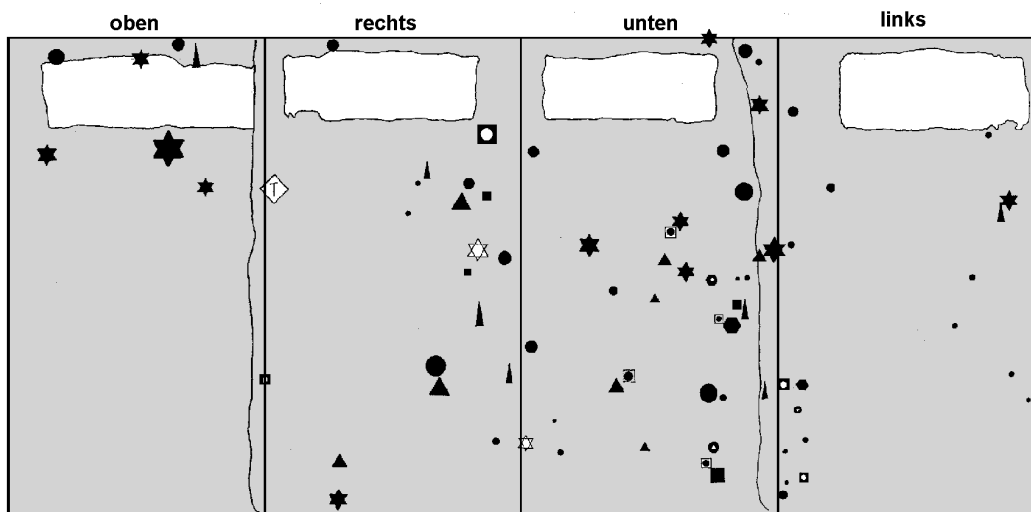


K3 außen

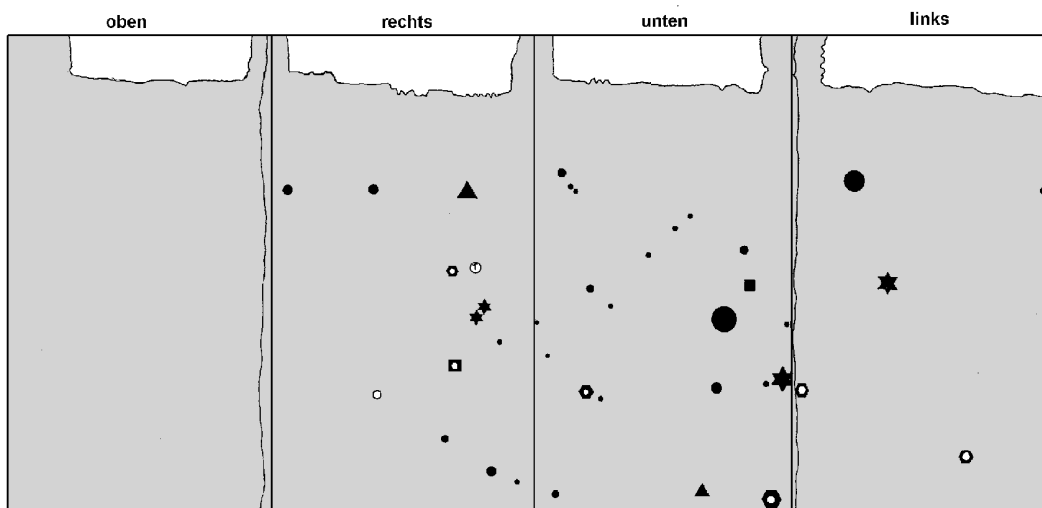


**Abbildung 48:** Ansiedlungspunkte der Steinkorallen auf den Außenflächen der EES-Zylindern aus 10 m Tiefe. Die Flächenabwicklung zeigt die 4 Sektoren (links, unten, rechts, oben). Weiße Flächen zeigen Stellen, an denen Materialproben entnommen wurden.

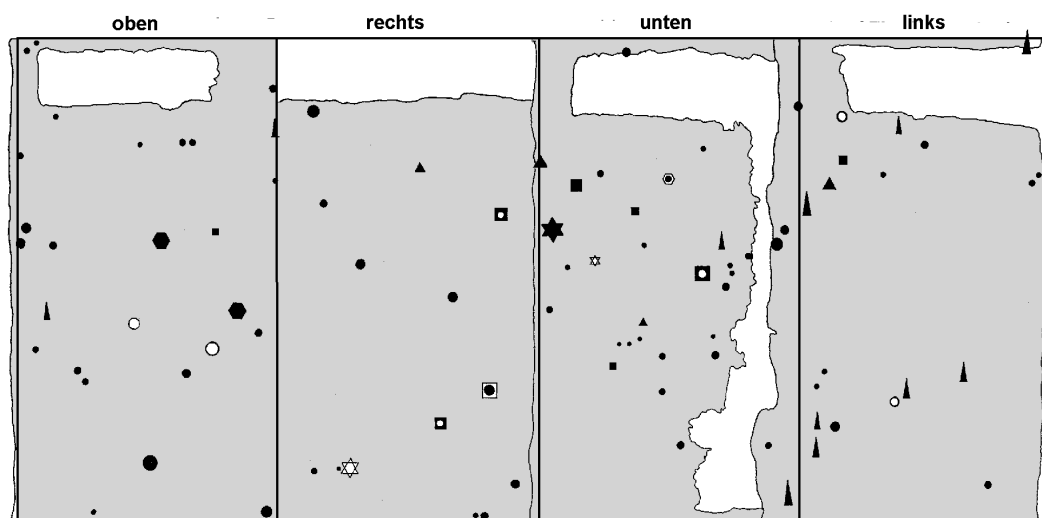
## K1 innen



## K2 innen

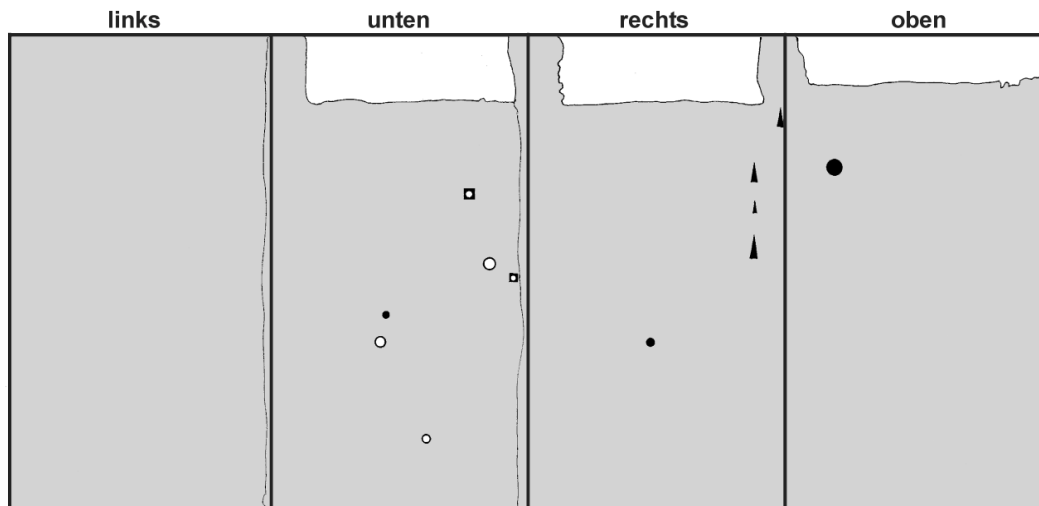


## K3 innen

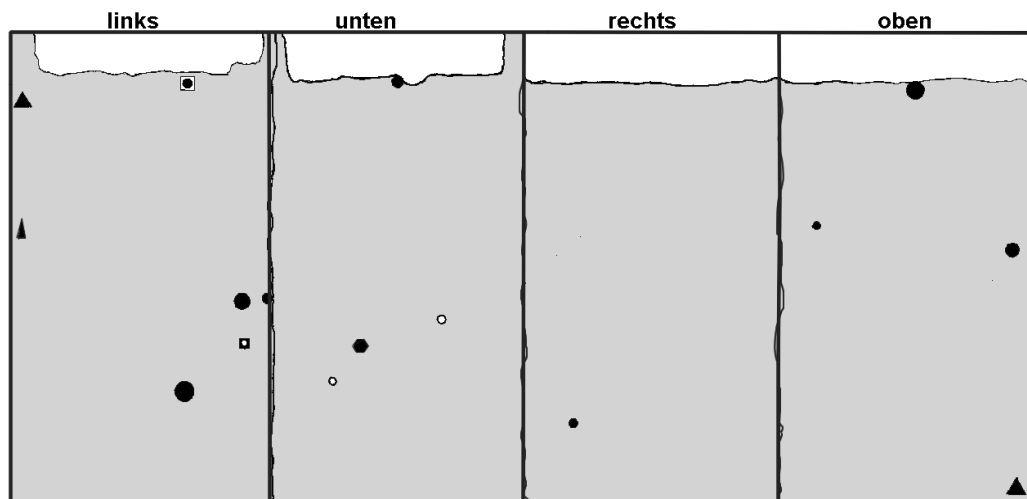


**Abbildung 49:** Ansiedlungspunkte der Steinkorallen auf den Innenflächen der EES-Zylindern aus 10 m Tiefe. Die Flächenabwicklung zeigt die 4 Sektoren (oben, rechts, unten, links). Weiße Flächen zeigen Stellen, an denen Materialproben entnommen wurden.

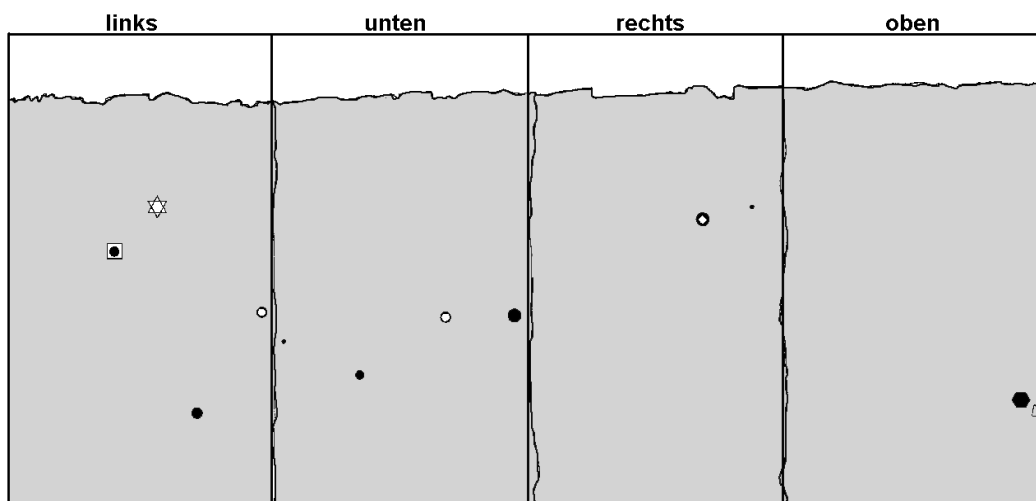
## K4 außen



## K5 außen



## K6 außen

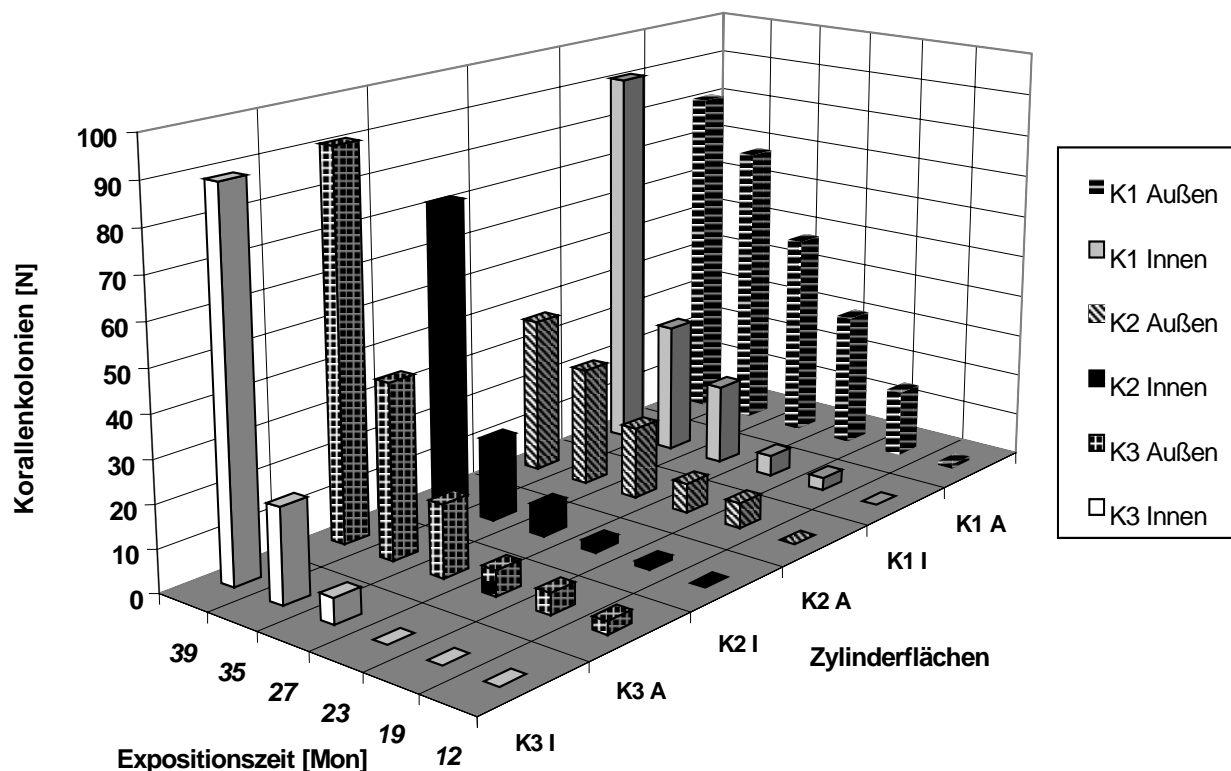


**Abbildung 50:** Ansiedlungspunkte der Steinkorallen auf den Außenflächen der EES-Zylindern aus 20 m Tiefe. Die Flächenabwicklung zeigt die 4 Sektoren (links, oben, rechts, unten). Weiße Flächen zeigen Stellen, an denen Materialproben entnommen wurden.

#### 4.2.5 Zeitliche Muster der Korallenbesiedlung auf den EES-Zylindern

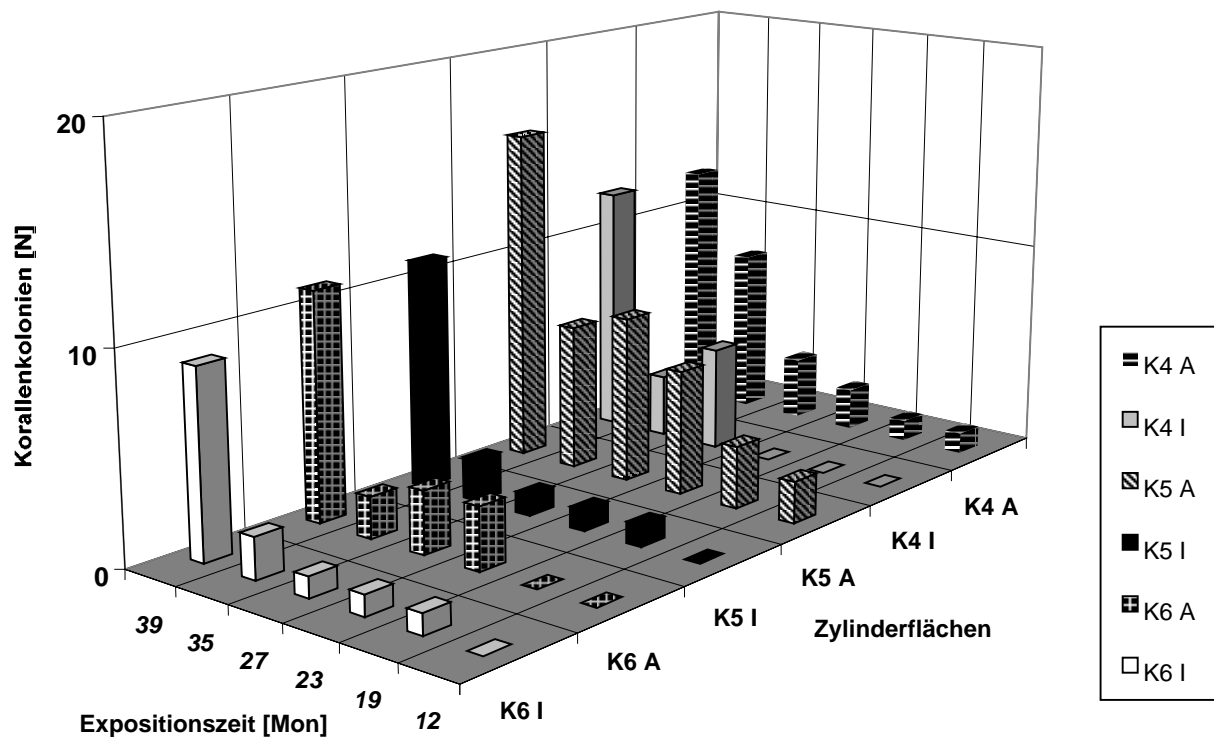
Der Verlauf des Besiedlungsprozesses auf den Zylindern ließ sich anhand der Unterwasserkartierungen über den Untersuchungszeitraum rekonstruieren.

Sowohl in 10 m als auch in 20 m Tiefe konnten nach 12 Monaten die ersten Kolonien auf den Zylindern nachgewiesen werden. In diesem frühen Stadium der Sukzession waren noch keine quantitativen Unterschiede erkennbar. Die ersten Kolonien siedelten jeweils auf den Außenseiten. Nach 1,5 Jahren siedelten bereits doppelt so viele Korallen auf den 10 m- Zylindern wie auf den Pendants in 20 m Tiefe. Diese quantitative Divergenz nahm mit der Expositionszeit zu, so dass zum Ende der Untersuchung etwa acht mal mehr Korallen auf den 10 m- Exponaten zu finden waren als in 20 m Tiefe.



**Abbildung 51:** Entwicklung der Steinkorallenbesiedlung auf den EES-Zylindern aus 10 m Tiefe über den Untersuchungszeitraum.

Die Zylinder in 10 m Tiefe zeigten zwei unterschiedliche Muster (Abb. 51). Während die Neubesiedlung auf den Außenseiten einer linearen Funktion der Expositionszeit ähnelt, folgte die Entwicklung auf den Innenflächen eher einer Exponentialfunktion. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die schlechtere Beobachtungsmöglichkeit der Innenflächen für dieses Ergebnis mitverantwortlich war. Andererseits belegen Fraßspuren von Fischen speziell an den Außenflächen, daß der Weidedruck auf die Innenflächen deutlich geringer gewesen sein muss als an den Außenseiten der Zylinder (vgl. Kap. 4.5 Bioerosion).



**Abbildung 52:** Entwicklung der Steinkorallenbesiedlung auf den EES-Zylindern aus 20 m Tiefe über die Zeit.

Die Entwicklung der Besiedlung auf den Zylindern in 20 m Tiefe stellte sich weniger einheitlich dar (Abb. 52). Nach einer Zunahme der Korallenabundanzen über 27 Monate folgte ein Rückgang der Besiedlungsdichte durch Absterben von Kolonien. Obwohl auch in 10 m Tiefe vereinzelt Kolonien abstarben, blieb die Zunahme der Gesamtkoloniezahl davon unbeeinflusst.

### 4.3 Besiedlung der EES- Zylinder durch Bryozoa

Bryozoa stellen wichtige Komponenten der Aufwuchsgemeinschaften auf Hartsubstraten in praktisch allen marinen Lebensräumen (z.B. RYLAND 1970). Auch an tropischen Riffstandorten werden freie Substratflächen in der Regel recht schnell durch Bryozoen besetzt (WINSTON 1986). Als obligat heterotrophe Filtrierer dominieren Bryozoen beschattete Habitate, wo sie sich dem Konkurrenzdruck durch photoautotrophe Algenmatten entziehen können (MIHM et al. 1981; BAILEY- BROCK 1989)). Als kleine, oft krustige Organismen können sich Bryozoen langfristig nicht an Standorten intensiver Beweidung behaupten. Es wurden zahlreiche kleinräumige Interaktionen mit anderen Foulingformen beschrieben, die ebenfalls die räumlichen und zeitlichen Verteilungsmuster von Bryozoen beeinflussen (SCHOLZ 1991; HILLMER & SCHOLZ 1996; SCHOLZ & KRUMBEIN 1996)

Wie viele andere koloniale Organismen verfügen Bryozoen sowohl über vegetative als auch über sexuelle Vermehrungsmodi. Während die Erstbesiedlung in der Regel über freischwimmende Larven erfolgt, können sich später Teile von Zoarien abschnüren (spontan oder traumatisch) und so eigenständige Tochterkolonien bilden (z. B. SOULE & SOULE 1977).

#### 4.3.1 Material

Auch im Untersuchungsgebiet stellen Bryozoen einen wichtigen Anteil der Pionierformen bei der Besiedlung neuer Substratflächen.

Um das Besiedlungspotential durch Bryozoen wie auch das lokale Artenspektrum zu erfassen, wurden in 4 Tiefenstufen „Muschelketten“ aus gereinigten Bivalvenklappen aufgehängt. Die Muschelketten wurden durch Maschendrahtgitter vor Beweidung geschützt.

Nach drei Monaten Expositionszeit wurden die Ketten entnommen, getrocknet und anhaftende Zoarien bestimmt. Die schwierige Taxonomie der Bryozoa machte die Hinzuziehung von Spezialisten erforderlich. Die kleinen Bivalvenschalen konnten, wenn nötig, *in toto* im Rasterelektromenmikroskop betrachtet werden, so daß auch taxonomisch problematische Formen identifiziert werden konnten.

Auf den Bivalvenklappen konnten insgesamt 583 Zoarien aus 45 Arten oder höheren Taxa unterschieden werden (vgl. Tab. 7). Elf Taxa wurden nur durch Einzelfunde belegt. Das Arteninventar des nördlichen Golfes von Aqaba umfasst geschätzt etwa 200 bis 300 Arten (SCHOLZ pers. Mitteilung). Für die beprobten Tiefenstufen kann das nachgewiesenen Artenspektrum aber durchaus als repräsentativ angesehen werden.

Die Muschelketten aus 20 m Tiefe wiesen mit 305 Zoarien aus 39 Taxa die dichteste und auch artenreichste Besiedlung auf. Taxa und Zoariendichte waren etwa doppelt so hoch wie bei den Proben aus 5, 10, und 15 m Tiefe.



<b>Taxon</b>	<b>5m</b>	<b>10m</b>	<b>15m</b>	<b>20m</b>
<i>Aetea truncata</i>	2:4 (6)	19:19 (38)	8:9 (17)	20:19 (39)
<i>Aetea</i> aff. <i>longicollis</i>			1:2 (3)	
<i>Arthropoma</i> cf. <i>cecillii</i>	0:2 (2)	0:2 (2)	0:2 (2)	3:3 (6)
<i>Bugula plumosa</i>	0:7 (7)		1:1 (2)	
<i>Caulibugula</i> cf. <i>dendrograpta</i>				0:1 (1)
<i>Cellaria</i> aff. <i>salicornioides</i>				1
<i>Celleporaria aperta</i>		1:3(4)	1:4(5)	0:3 (3)
<i>Celleporaria sibogae</i>				0:2 (2)
<i>Celleporaria tridenticulata</i>			0:1(1)	
<i>Celleporaria</i> sp.				0:1 (1)
<i>Celleporina lucida</i>	6:3 (9)	11:7 (18)	1:0 (1)	21:18 (39)
<i>Chorizopora brongniartii</i>				0:1 (1)
<i>Crepidacantha poissonii</i>				0:2 (2)
<i>Crisia cuneata</i>			13:11 (24)	
<i>Crisia kergulensis</i>			0:1 (1)	
<i>Drepanophora</i> cf. <i>indica</i>		0:1 (1)		0:1 (1)
<i>Disporella</i> cf. <i>hispida</i>	0:1 (1)			
<i>Escharina pesanseris</i>				0:1 (1)
<i>Escharoides</i> aff. <i>coccinea</i>				1:0 (1)
<i>Fenestrulina malusii</i>				1:8 (9)
<i>Hipporella multidentata</i>		0:1 (1)		
<i>Lagenipora</i> cf. <i>pinnacula</i>				4:7 (11)
<i>Microporella orientalis</i>				1:1 (2)
<i>Mucropetraliella</i> cf. <i>thenardii</i>				0:1 (1)
<i>Parasmittina</i> cf. <i>areolata</i>			1:0 (1)	1:1 (1)
<i>Parasmittina parsevalii</i>	4:10 (14)	6:22 (28)		8:28 (36)
<i>Parasmittina serrula</i>	0:1 (1)	2:3 (5)	0:4 (4)	7:8 (15)
<i>Parasmittina tropica</i>	1:0 (1)	3:11 (14)	2:9 (11)	5:5 (10)
<i>Parasmittina</i> n.sp.aff. <i>glomerata</i>				0:1 (1)
<i>Phonicosia circinata</i>				0:1 (1)
<i>Puellina harmeri</i>			0:1 (1)	1:18 (19)
<i>Puellina innominata</i>	0:1 (1)	0:2 (2)	0:1 (1)	8:33 (41)
<i>Pustolopora danziensis</i>				0:1 (1)
<i>Reteporellina</i> cf. <i>denticularta</i>				2:1 (3)
<i>Rhynchozoon</i> cf. <i>detectum</i>	1:2 (3)	2:12 (14)	0:1 (1)	0:14 (14)
<i>Rhynchozoon</i> cf. <i>haha</i>	0:1 (1)	0:2 (2)		2:0 (2)
<i>Savignella lafontii</i>	0:1 (1)		1:0 (1)	
<i>Chizomavella punctigera</i>				0:2 (2)
<i>Scrupocellaria spatulata</i>		0:1 (1)		0:1 (1)
<i>Smittina</i> cf. <i>crystallina</i>		1:0 (1)	1:1 (2)	2:5 (7)
<i>Smittoidea</i> sp. 1 aff. <i>pacifica</i>	0:1 (1)			
<i>Smittoidea</i> n. sp. 2 aff. <i>hyalina</i>		0:1 (1)		1:4 (5)
<i>Stomatopora</i> spec.			0:1 (1)	
<i>Tubulipora</i> cf. <i>concinna</i>		0:2 (2)	2:1 (3)	1:1 (2)
<i>Watersipora subtorquata</i>	0:1 (1)	0:1 (1)	1:0 (1)	5:6 (11)
Ancestrulae unbestimmt	1:0 (1)	0:1 (1)		0:10 (10)
Summe der Zoarien	15:35 (50)	45:91 (136)	33:49 (82)	95:210 (305)
Summe der Taxa	15	19	19	39

**Tabelle 7:** Arteninventar der Bryozoenfauna auf den Bivalvenschalen.

1. Wert = n der Zoarien auf der Außenseite der Muschelschalen,
2. Wert = n der Zoarien auf der Innenseite der Muschelschalen,
3. Wert = Gesamtzahl der Zoarien pro Taxon und Tiefenstufe.

Nach 6, 12, 18 und 30 Monaten Expositionszeit wurden aus jedem der 6 EES-Zylinder jeweils ein Probestück von 100cm<sup>2</sup> pro Sektor entnommen, getrocknet und unter dem Bionokular auf Besiedlung durch Bryozoen untersucht. Auf diese Weise ließ sich der Besiedlungsverlauf sowohl zeitlich als auch räumlich auflösen.

Die Zoarien auf den Probestücken wurden, soweit als mit optischen Hilfsmitteln möglich, bestimmt und kartiert. Insgesamt konnten 2362 Zoarien aus 17 Arten bzw. höheren Taxa angesprochen werden. Stark beschädigte Zoarien sowie Ancestrulae, wurden nicht berücksichtigt.

#### 4.3.2 Zeitliche Muster der Besiedlung durch Bryozoa

Die Bryozoenfauna auf den 10 m-Proben wurde durch drei Gattungen dominiert (vgl. Tab.8). *Celleporaria*, *Parasmittina* und *Rhynchozoon* stellten mehr als 90 % der Kolonien. Die Gattung *Celleporaria* stellte allein 29% der Zoarien. Während *Celleporaria f. aperta* nur auf den Proben von 6 bis 18 Monaten nachweisbar war, siedelten *Parasmittina* und *Rhynchozoon* auch auf den Proben mit 30 monatiger Expositionszeit.

Die Bryozoenfana der 20 m- Proben umfaßte über die Taxa der 10 m- Proben hinaus zusätzlich die Gattungen *Puellina*, *Aetea*, *Crisia* und *Disporella* (vgl. Tab. 9).

Die Bryozoengemeinschaft war geprägt durch die Gattungen *Celleporina*, *Parasmittina*, *Rhynchozoon* und *Tubulipora*. Besonders die Proben mit langer Expositionszeit (18 und 30 Monate) waren durchweg dicht von *Rhynchozoon* besiedelt. Während die Besiedlungsdichte durch *Celleporina* und *Parasmittina tropica* nach 18 Monaten wieder zurückging, nahm die Abundanz von *Rhynchozoon* bis zum Ende der Versuchsreihe zu.

Proben aus 10 m Tiefe	6 Mon.			12 Mon.			18 Mon.			30 Mon.				
Zylinderkennung	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3	Σ	%
Arten/Taxa														
<i>Arthropoma cecilii</i>			2								1		3	0,5
<i>Celleporaria f. aperta</i>		6	6	65	35	31	22	3	1				169	29
<i>Celleporina spec.</i>					2	14			2				18	3,1
<i>Parasmittina spec.</i>			2	8	1	2	1			17	9	6	46	7,9
<i>Parasmittina parsevalii</i>			1	3	15	23	4	19	11		2	3	81	13,9
<i>Parasmittina tropica</i>			5	4	28	33	3	3	3	1		1	81	13,9
<i>Rhynchozoon spec.</i>		1	9	16	14	9	23	23	19	8	5	30	157	26,9
<i>Tubulipora spec.</i>	1		1			4			7	1		13	27	4,2
<i>Watersipora subtorquata</i>		1											1	0,2
Summe der Taxa	1	3	7	5	6	7	5	4	6	4	4	5		
Summe der Zoarien	1	8	26	96	95	116	53	48	43	27	17	53	583	100

Tabelle 8: Bryozoen- Zoarien auf den EES- Proben aus 10 m Tiefe.

RISTEDT und SCHUHMACHER (1985) beschreiben den bemerkenswerten Erfolg von *Rhynchozoon larreyi* in Bezug auf Raumkonkurrenz mit Hilfe symbiontisch assoziierter Hydroiden der Gattung *Zanclea*. *R. larreyi* kommt im Roten Meer ausschließlich in Symbiose mit *Zanclea* vor und kann sich sogar gegen Scleractinia und die Hydro-Koralle *Millepora dichotoma* behaupten (RISTEDT & SCHUHMACHER 1985). Die hohen Abundanzen von *Rhynchozoon* besonders auf den EES- Zylindern aus 20 m Tiefe legen nahe, Raumkonkurrenz auch inter- phyletisch (z. B. mit Steinkorallen) zu betrachten (vgl. Tab. 9).

Proben aus 20m Tiefe	6mon			12mon			18mon			30mon			Σ	%
Zylinderkennung	K4	K5	K6	K4	K5	K6	K4	K5	K6	K4	K5	K6		
Arten/Taxa														
<i>Aetea spec.</i>		1			6								7	0,4
<i>Arthropoma cecillii</i>		1	1	1	2	3	3	1	1		5	2	20	1,1
<i>Celleporaria f. aperta</i>		2	1	6	7	17	1	5	3				42	2,4
<i>Celleporina spec.</i>	16	8	7	10	21	23	12	13	6	4	1	1	122	6,9
<i>Crisia spec.</i>				1									1	0,1
<i>Disporella cf. hispida</i>	1				1		4						6	0,3
<i>Microporella</i>			1										1	0,1
<i>Parasmittina spec.</i>	16	13	6	7	26	9	16	35	30	2	20	13	193	10,8
<i>Parasmittina parsevalii</i>	1	2	1	15	12	54	32	36	96	5	4	7	265	14,9
<i>Parasmittina serrula</i>					6								6	0,3
<i>Parasmittina tropica</i>	11	23	16	62	10	98	30	12	7	2	3	5	279	15,7
<i>Puellina harmeri</i>				1									1	0,1
<i>Puellina innominata</i>				4	5	1	4						14	0,8
<i>Rhynchozoon spec.</i>	9	2	16	22	15	66	58	57	101	101	63	79	589	33,1
<i>Smittinidae</i>			1										1	0,1
<i>Tubulipora spec</i>	17	12	4	9	27	16	26	26	10	14	26	16	203	11,4
<i>Watersipora subtorquata</i>	2	7			2		7	3	4		4		29	1,6
<b>Summe der Taxa</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>		
<b>Summe der Zoarien</b>	<b>73</b>	<b>71</b>	<b>54</b>	<b>138</b>	<b>140</b>	<b>287</b>	<b>193</b>	<b>188</b>	<b>258</b>	<b>128</b>	<b>126</b>	<b>123</b>	<b>1779</b>	<b>100</b>

**Tabelle 9:** Bryozoen - Zoarien auf den EES-Proben aus 20 m Tiefe.

#### 4.3.3 Räumliche Muster der Besiedlung durch Bryozoa

Die Bauart der Zylinder bedingt abiotische Gradienten, die auch kleinräumig die Habitatcharakteristika der Versuchssubstrate bestimmen. Lichtangebot und damit die Ausgangsbedingungen der Raumkonkurrenz mit photoautotrophen Benthosorganismen, aber auch Exposition gegenüber Sedimentbelastung, Zugänglichkeit für Weidegänger und Nahrungsverfügbarkeit in Folge unterschiedlicher Durchströmung schaffen kleinräumige Kontinua, die die Ansiedlungsbedingungen von Bryozoenlarven prägen. Es war daher zu erwarten, dass die Zoarien nicht gleichmäßig über die Zylinderflächen verteilt sein würden.

Die Tabellen 10 und 11 zeigen die Diversität der Bryozoengemeinschaften auf den Probenstücken unter Berücksichtigung der Orientierung der Proben. Aufgetragen wurden die Taxazahlen nach Fundort. Die hellen Graphen zeigen die Taxazahlen auf

den Außenflächen, die dunklen Graphen zeigen die Taxazahlen auf den Innenflächen.

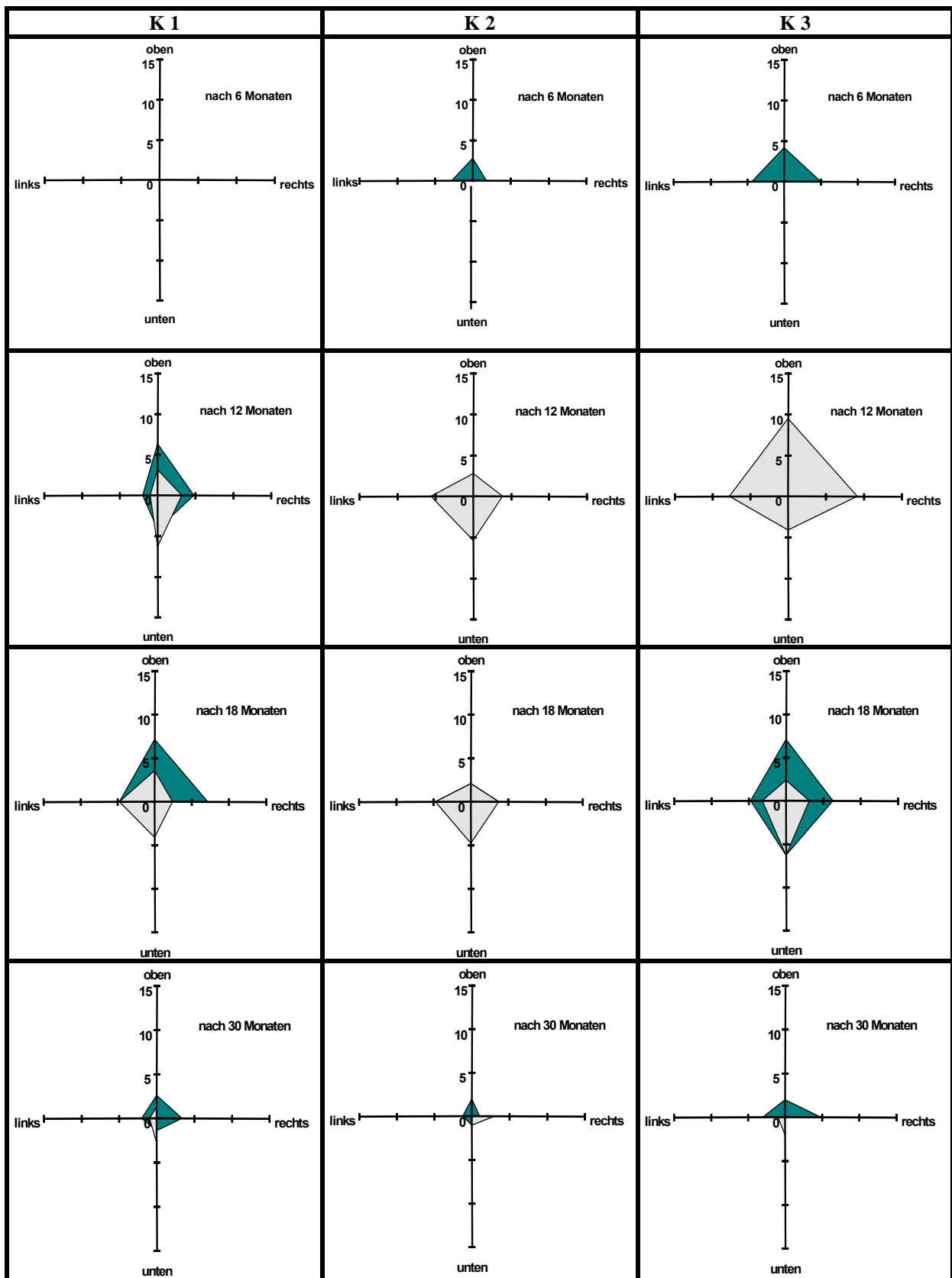
Die Proben aus 10 m Tiefe zeigten kein einheitliche Muster. Während nach 6 Monaten lediglich auf den Innenflächen Bryozoa siedelten wurden nach 12 Monaten auf allen Außenflächen, jedoch nur auf den Innenseiten von Zylinder K1 Bryozoa nachgewiesen.

Nach 18 Monaten befinden sich die meisten Taxa auf den Innenseiten (Ausnahme Zylinder K2), ein Trend der sich bis zum Ende der Beprobung fortsetzte.

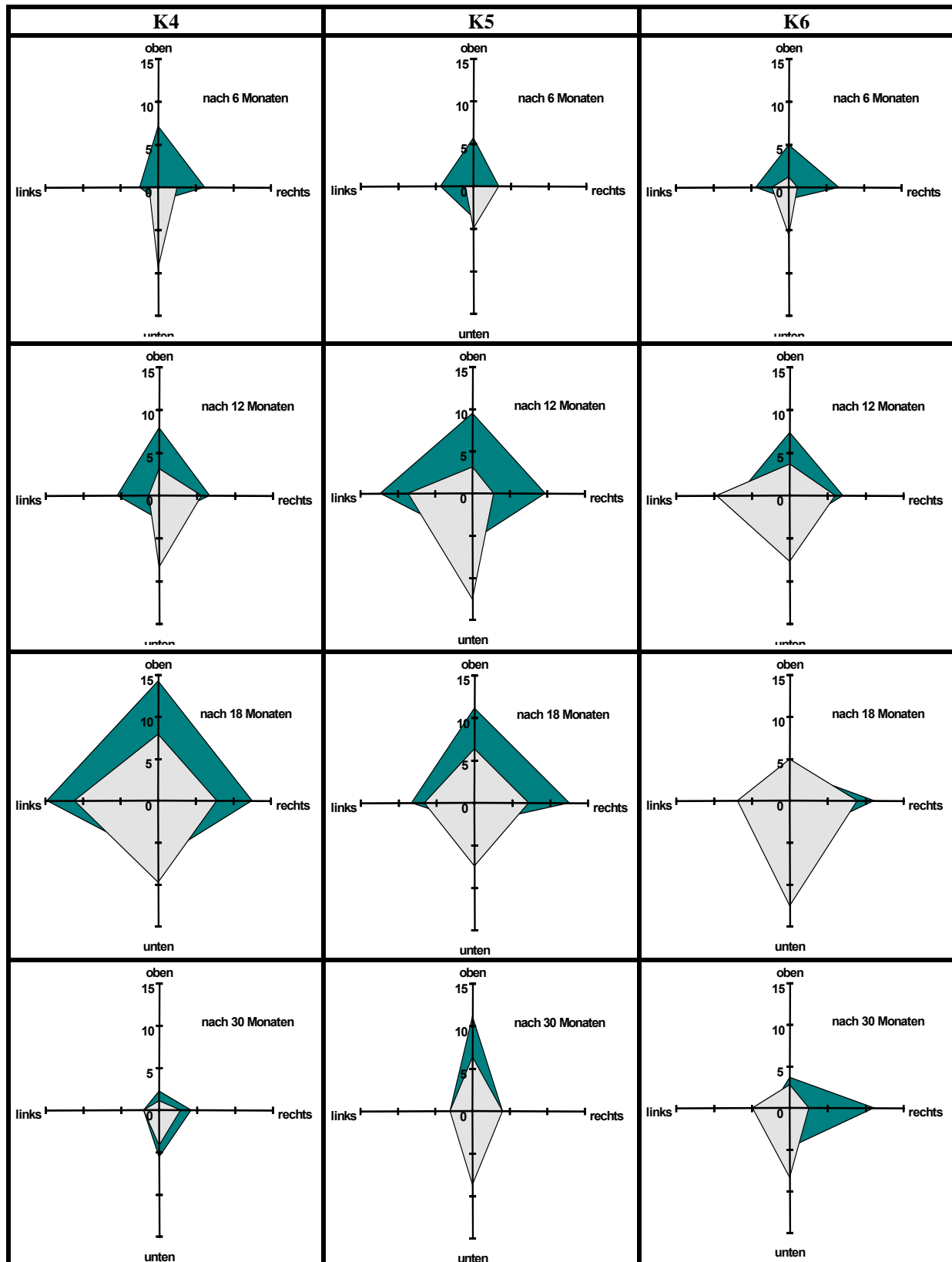
Die Proben aus 20 m Tiefe zeigten ein einheitlicheres Bild. Die Diversität der Bryozoengemeinschaft nahm bis zur Probennahme nach 18 Monaten hin zu.

Die Proben nach 30 Monaten Expositionszeit zeigten etwa auf das Niveau der 6-monatigen Exponate reduzierte Diversitäten.

Die größte Artenvielfalt fand sich in der Regel auf den Proben aus den Innenflächen der oberen Zylindersegmente und auf den Unterseiten der Außenflächen. Die Außenflächen oben waren kaum besiedelt.



**Tabelle 10:** Verteilungsmuster der Bryozoentaxa über die Expositionszeit für die Zylinder aus 10 m Tiefe. Hellgraue Signaturen kennzeichnen die Verteilungsmuster der Aussenflächen, dunkle Signaturen kennzeichnen die Besiedlungsmuster auf den Innenseiten der Zylinder.

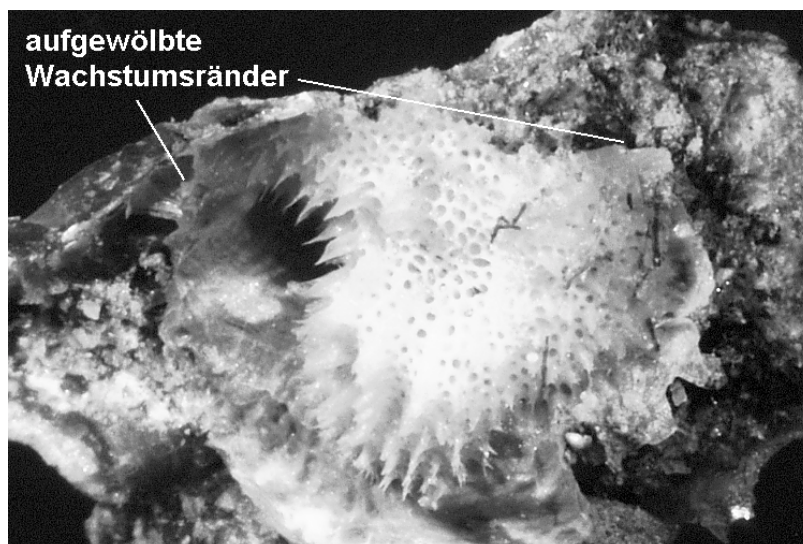


**Tabelle 11:** Verteilungsmuster der Bryozootaxa über die Expositionszeit für die Zylinder aus 20 m Tiefe. Hellgraue Signaturen kennzeichnen die Verteilungsmuster der Aussenflächen, dunkle Signaturen kennzeichnen die Besiedlungsmuster auf den Innenseiten der Zylinder.

#### 4.3.4 Diskussion

Innerhalb natürlicher Benthosgemeinschaften ist die Verfügbarkeit von freien Siedlungsflächen essentielle Voraussetzung für die Persistenz von Arten (JACKSON 1977, RISTEDT & SCHUHMACHER 1985). Der Zwang zur Behauptung an einem bestimmten Standort führte bei vielen Organismen nicht nur zur Ausbildung von chemischen oder ethologischen Abwehrmechanismen, sondern zum Teil auch zu zeitlichem Ausweichen innerhalb komplexer Lebensstrategien, Einnischung oder Rückzug an Standorte, die andern Formen weniger zugänglich sind.

Bryozoa als heterotrophe Filterfänger nutzen das Plankton als Nahrungsressource und sind damit weitgehend unabhängig vom Lichtangebot. Verbreitungsschwerpunkte liegen im Bereich beschatteter Habitate (RYLAND 1960), wo die Raumkonkurrenz durch schnellwüchsige Turf-Algen von untergeordneter Bedeutung ist (SCHOLZ 1995). Gegenüber Biofilmen und Mikrobenmatten haben Bryozoen dennoch zum Teil ausgefeilte Abwehrstrategien entwickelt, die von der Bildung antibiotischer Substanzen bis zur Ausbildung erhabener Wachstumsränder reicht (SCHOLZ 1995, vgl. Abb. 53).



**Abbildung 53:**

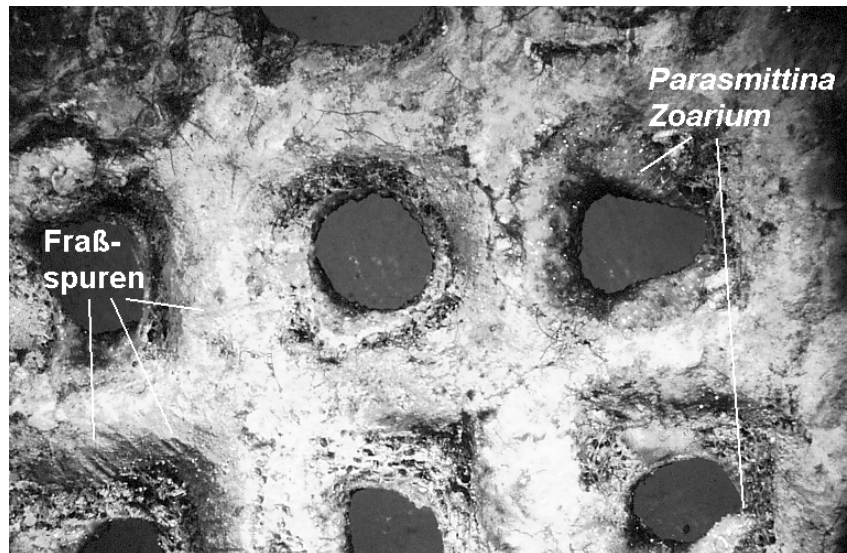
*Disporella*- Zoarium auf EES-Zylinder mit stark aufgewölbten Wachstumsrändern.

Mutualistische Assoziationen mit wehrhaften Hydroiden wie bei der Symbiose von *Rhynchozoon larreyi* und *Zanclaea spec.* (RISTEDT & SCHUHMACHER 1985) stellen eine besonders hoch entwickelte Form der Konkurrenzabwehr dar.

Einige der angesprochenen Strategien beeinflussten möglicherweise auch die Verteilung der Bryozoenfauna auf den EES der vorliegenden Untersuchung. Darüber hinaus waren sicher noch zwei weitere Steuerfaktoren prägend für das Verbreitungsmuster: Sedimentexposition (vgl. SCHUHMACHER 1977) und Weidedruck (VAN TREECK et al 1996). Beide Faktoren wirken zusammen auf die gleichen Flächen. Sediment kann sich besonders auf den annähernd horizontal orientierten Substratflächen ablagern. Im Falle der Zylinder sind das die Außenflächen oben (AO) und die Innenflächen unten (IU). Proben dieser Orientierung wiesen vergleichsweise wenig Zoarien auf (vgl. Tabellen 10 und 11). Auf den AO ist aufgrund des Lichtangebots die höchste Produktion der epi- und endolithischen Algen zu erwarten.



Die Verdrängung der Bryozoa aus diesen Bereichen wird jedoch nicht auf Konkurrenzsituationen mit den photoautotrophen Formen zurückgeführt, sondern ist vermutlich im Zusammenhang mit dem erhöhten Weidedruck durch Fische auf die belichteten Flächen zu interpretieren (vgl. Abb. 54).



**Abbildung 54:**

Probe einer EES- Zylinder Außenfläche nach 30 Monaten. *Parasmittina*-Zoarien siedeln an den Innenseiten der Maschendraht-öffnungen. Fraßspuren und angefressene Zoarien sind deutlich zu erkennen.

Bryozoa folgen in ihrer Verteilung scheinbar dem selben Muster, welches sich schon für die Verteilung der Scleractinia abgezeichnet hat (vgl. Kap. 4.2.4). Belege dafür werden u. a. im relativen Erfolg von Arten mit starken Abwehrmechanismen gegenüber Fraß wie z. B. *R. larreyi* gesehen. 64 % aller nach 30 Monaten auf den Proben aus 20 m Tiefe nachgewiesenen Zoarien gehörten zur Gattung *Rhynchozoon*. In 10 m Tiefe war dieser Befund weniger deutlich. Möglicherweise führt ein allgemein höheres Niveau an Beweidung in 10m Tiefe zu einer höheren Dynamik der Substratflächen.

Die *Parasmittina*- Arten zeigten typische Verteilungsmuster von Pionierformen mit starkem Zuwachs in der Anfangsphase und deutlichem Einbruch nach 18 Monaten. Arten der Gattung *Parasmittina* sind in der Lage, schnell große Flächenanteile zu besetzen, indem die Wachstumsränder der Zoarien sich als verkalkte dünne Basalmembran über die Substratoberfläche schieben. Die Feinstruktur der Zooide bildet sich erst später heraus. Dieser Wachstumsmodus mit seiner morphologischen Anpassung der „Giant buds“ kann als Anpassung an r-selektierte Lebensstrategie interpretiert werden. Im Gegensatz zu der eher K-selektierten „Verteidigerstrategie“ der *Rhynchozoon*- Arten mittels der wehrhaften *Zanclaea* Hydroiden werden Raumkonkurrenten von *Parasmittina*, wenn möglich, einfach überwachsen.

Die Beispiele zeigen, daß innerhalb von Foulingformen, die gemeinhin als Pioniere und damit oft pauschal als r-selektierte Formen angesehen werden, durchaus unterschiedliche Strategien ausgebildet sein können. Es ist zu erwarten, dass somit auch in frühen Sukzessionsstadien Abfolgen ausgebildet werden, die entscheidend durch Raumkonkurrenz und Weidedruck determiniert werden.

#### 4.4 Weideaktivitäten herbivorer Fische über den Substraten

Nachdem immer neue Hinweise und Einzelbeobachtungen die Bedeutung des Weidedruckes durch Fische als maßgeblichen Steuerungsfaktor auswiesen, wurde versucht, den Fraßdruck nicht nur indirekt, d.h. über Erosionsraten, sondern auch durch mehr oder minder direkte Beobachtungen zu quantifizieren. Von besonderem Interesse war das Weidegeschehen auf den Versuchssubstraten.

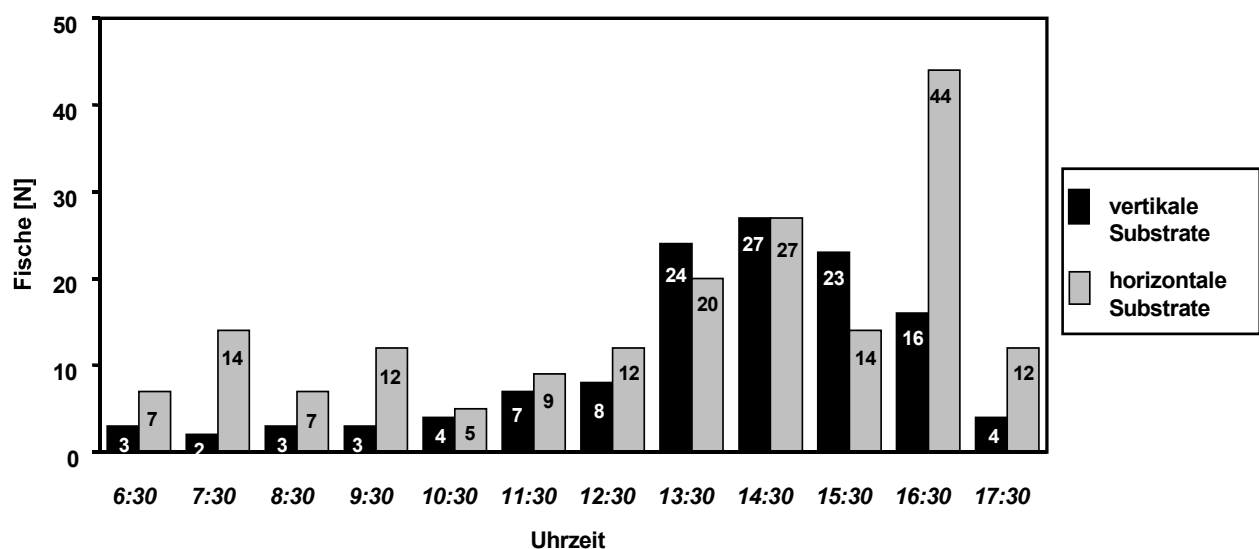
##### 4.4.1 Material

Der Einsatz der Zeitraffervideokamera ermöglichte die Überwachung des Weidegeschehens auf den Versuchssubstraten ohne störenden Einfluss eines Tauchers. Nach der Lösung zahlreicher technischer Probleme mit der Intervallsteuerung der Videokamera konnten schließlich zwei komplette Tagesgänge aufgezeichnet werden. 13 Fischarten aus 8 Familien konnten mit Hilfe der Videoaufzeichnungen weidend an den Substraten nachgewiesen werden.

##### 4.4.2 Weideaktivitätsmuster ausgewählter Fischfamilien im Tagesgang

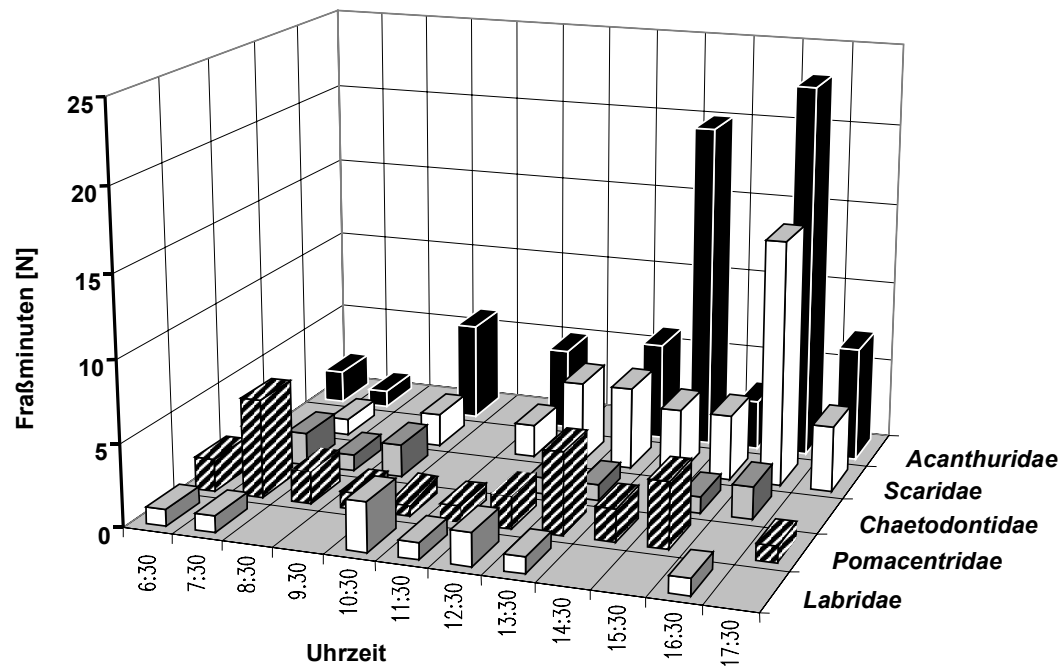
Herbivore Riff-Fische sind obligat tagaktiv (POLUNIN & KLUMPP 1989, MONTGOMERY et al 1989), und auch die wenigen omnivoren Weidegänger zeigten ein diurnales Aktivitätsmuster.

Kurz nach Sonnenaufgang fanden sich die ersten Weidegänger auf den Substraten ein (vgl. Abb. 55). Die Weideintensität stieg bis etwa 9 Uhr an, nahm aber zum frühen Vormittag bis zu einem Tagestiefpunkt hin ab. Von 10<sup>:30</sup> bis 11<sup>:30</sup> wurden nur 9 Fische fressend erfaßt. Am frühen Nachmittag (13<sup>:30</sup>) stieg die Weideaktivität deutlich an und erreichte am späten Nachmittag ihren Höhepunkt. In der Stunde von 16<sup>:30</sup> bis 17<sup>:30</sup> befanden sich pro Sequenz im Durchschnitt zwei Fische fressend auf den Substraten.

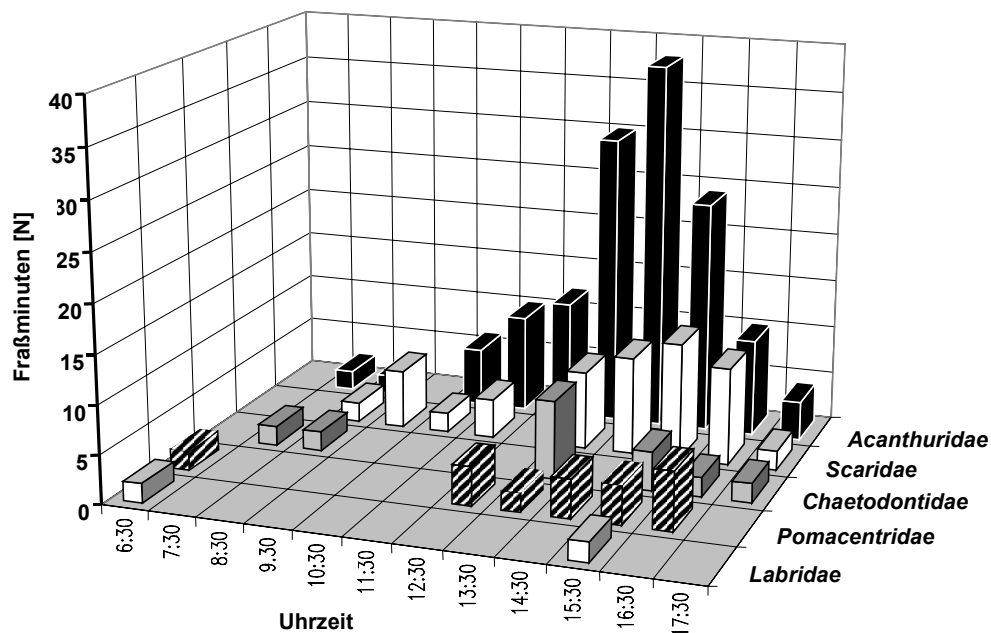


**Abbildung 55:** Weidegeschehen über den Substraten in 10 m Tiefe im Tagesgang.

Die Gesamtweideaktivität folgt einer zweigipfiligen Kurve mit einem schwach angeprägten Höhepunkt in den Morgenstunden und einem deutlichen Gipfel am Nachmittag. Das morgendliche Maximum war jedoch nur über den horizontalen Substraten deutlich (Abb. 56 und 57). Das Aktivitätsmaximum der obligat tagaktiven, herbivoren Fische lag kurz vor Sonnenuntergang. Wenige Minuten nach Sonnenuntergang endete die Beweidung. Nächtliche Kontrolltauchgänge ergaben keine Hinweise auf Weideaktivitäten Während der Nachtstunden.



**Abbildung 56:** Fraßaktivitäten ausgewählter Fischfamilien auf den horizontal exponierten Substratplatten im Tagesgang.



**Abbildung 57:** Fraßaktivitäten ausgewählter Fischfamilien auf den vertikal exponierten Substratplatten im Tagesgang.

Das Fehlen des morgendlichen Aktivitätsgipfels auf den vertikalen Substraten steht möglicherweise in Zusammenhang mit der geringeren Sonneneinstrahlung/Fläche im Vergleich zu den horizontalen Substraten. Die Produktivität und damit der Nährstoffgehalt der Aufwuchsalgen war auf den VS möglicherweise geringer bzw. erreichte später im Tagesverlauf erst das Niveau, welches die Algen auf den HS schon in den Morgenstunden bieten. CHOAT & CLEMENTS (1993) und BRUGGEMANN (1994) konnten nachweisen, daß Scaridae in Tagesverlauf selektiv Algen erst dann beweiden, wenn deren Nährstoffgehalt im Tagesoptimum lag. Die Orientierung der Substrate zur Sonneneinstrahlung könnte so für die Unterschiede in Bezug auf das Beweidungsmuster von vertikalen und horizontalen Substraten verantwortlich sein.

Die einzelnen Fischarten waren über den Tagesgang unterschiedlich aktiv. Unter den ersten Weidegängern befanden sich auffällig viele Omnivore (*A. scopas*, *C. paucifasciatus*) die insgesamt jedoch nur etwa 8% der weidenden Fische stellten. Während der frühen Morgenstunden waren obligat Herbivore nur durch einige Demoisellen vertreten. Labridae beweiden besonders während der Mittagsstunden die horizontalen Flächen, während die andern Fischfamilien zu dieser Zeit vergleichsweise geringe Weideaktivität zeigten. Ab 13<sup>:30</sup> dominieren Scaridae und Acanthuridae die Weidegruppen. Zu dieser Tageszeit sind vor allem die großen Arten (*C. striatus* und *S. ferrugineus*) aktiv. Die intensive Beweidung durch Papagei- und Doktorfische hielt bis zum Sonnenuntergang an (vgl. MONTGOMERY et al. 1989).

#### 4.4.3 Substratpräferenzen ausgewählter Fischfamilien

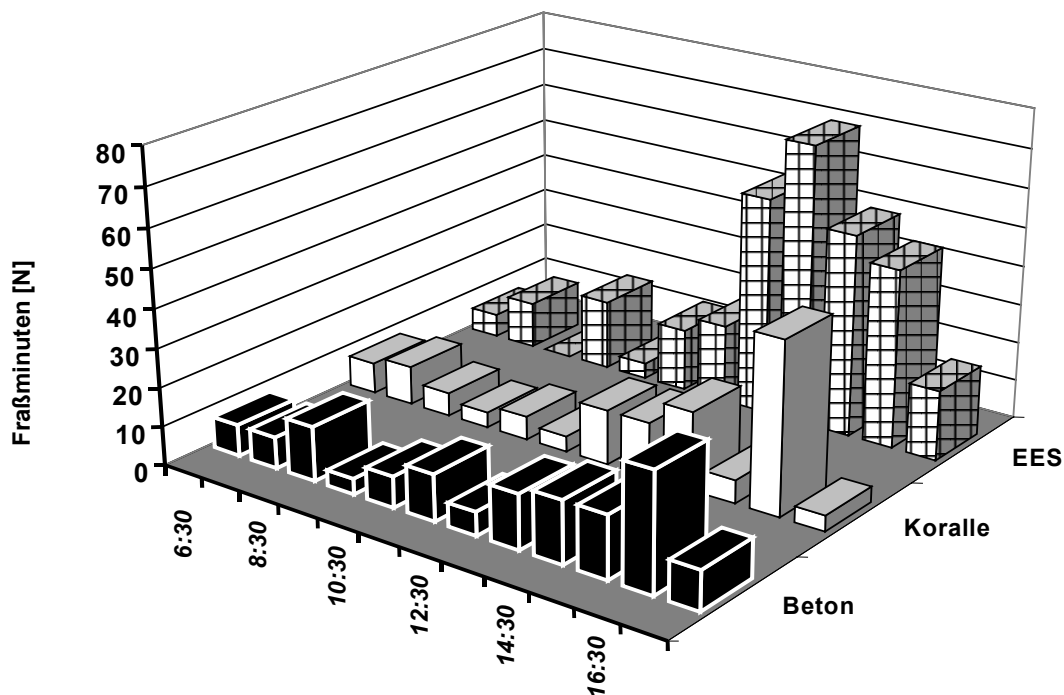
Die drei angebotenen Substrattypen wurden unterschiedlich intensiv beweidet. Der höchste Weidedruck wirkte auf die elektrochemisch erzeugten EES-Gitter. Die Beton- und Korallenskelett-Substrate wurden deutlich weniger intensiv beweidet. Diese beiden Substrattypen unterschieden sich kaum in Bezug auf die Weideintensität. Innerhalb dieses generellen Musters gab es jedoch auffällige Unterschiede zwischen den beteiligten Fischfamilien.

Unter den obligat herbivoren Fischen<sup>3</sup> lassen sich zwei Ernährungsformtypen unterscheiden. Der erste Typ kann als „Nager“ (scraper sensu BELLWOOD & CHOAT 1990) bezeichnet werden, repräsentiert durch die Scaridae. Papageifische nehmen beim Weiden nicht nur die epilithischen Aufwuchsalgen auf, sondern sind aufgrund ihrer Kieformorphologie darüber hinaus in der Lage, die obersten Substratschichten wegzunagen und so die darin enthaltenen endlithischen Algen als Nahrung zu nutzen. Zur weiteren Aufbereitung des abgenagten Kalkes steht ihnen ein spezieller Kaumagen zur Verfügung, der das aufgenommene Kalziumkarbonatmaterial weiter zerkleinert und für die Verdauung aufschließt. Diese als Nager bezeichnete Gilde der

---

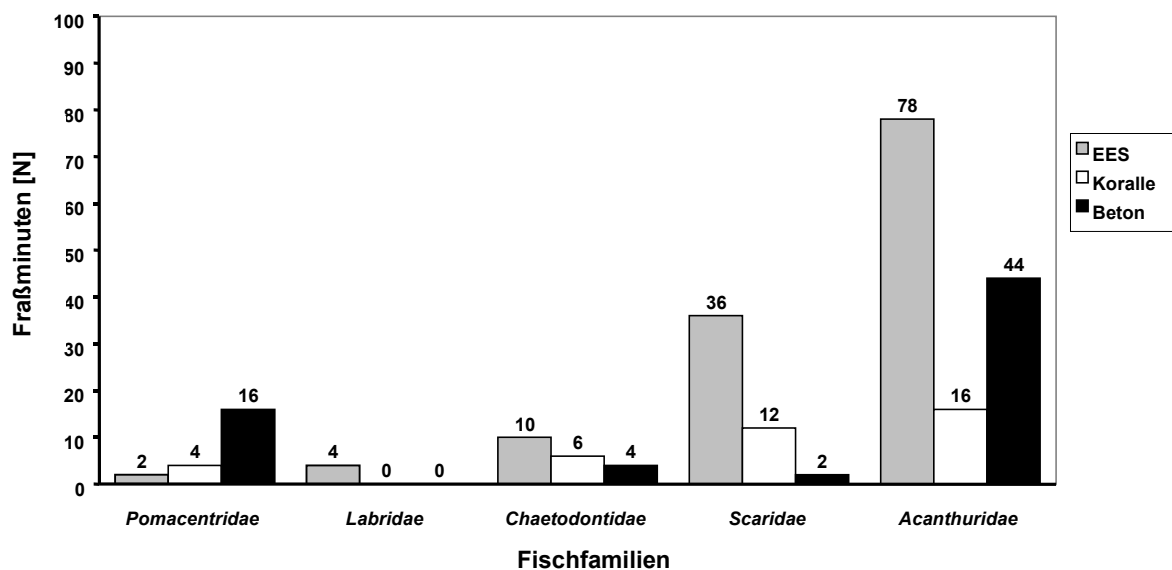
<sup>3</sup> Juvenile Scaridae sind carnivor und gehen erst im Verlauf ihrer Ontogenese zu obligat herbivorer Ernährungsweise über (BELLWOOD 1988). Die hier betrachteten Stadien waren jedoch bereits herbivor.

Weidegänger kommt mit Substratbedingungen, die Betonflächen bieten nur bedingt zurecht.

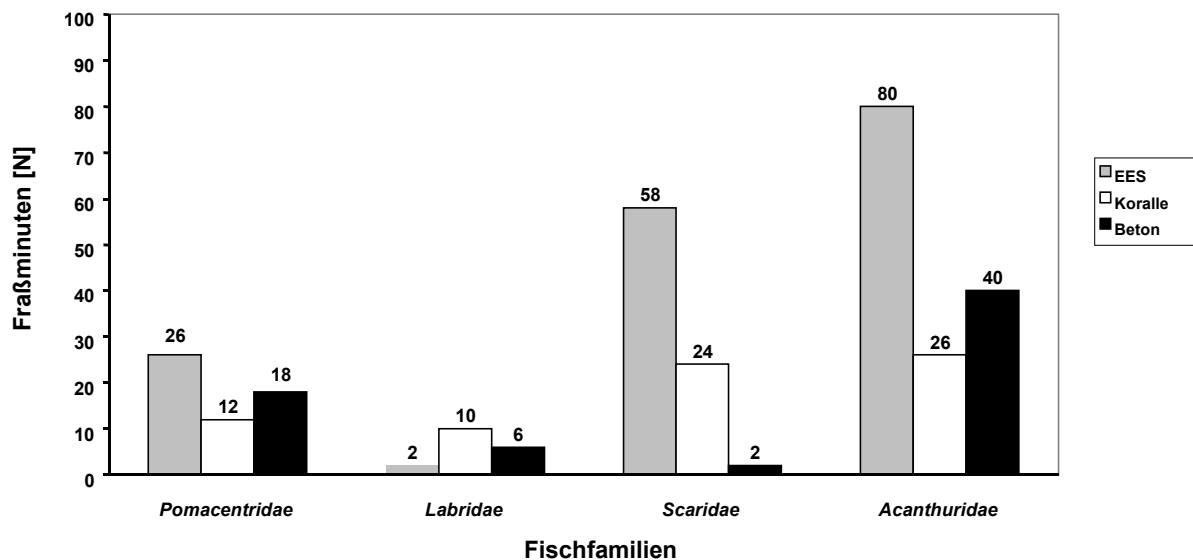


**Abbildung 58:** Weidedruck auf die verschiedenen Substratypen im Tagesgang

Der relativ weiche Materialmix aus Aragonit/ Magnesit/ Brucit der elektrochemisch erzeugten Substrate bietet den "Nagern" ungleich reicheres Nahrungsangebot. Scaridae weideten etwa 30 mal häufiger auf den EES-Gittern als auf den Betonplatten. Die Gitterstruktur der EES bot den Kiefern der Papageifische bessere Angriffspunkte als die vergleichsweise glatten Betonplatten. Zudem waren die Betonplatten nicht durch Endolithen besiedelt.



**Abbildung 59:** Substratpräferenzen weidender Fischfamilien über den vertikalen Substratplatten



**Abbildung 60:** Substratpräferenzen weidender Fischfamilien über den horizontalen Substratplatten.

Acanthuridae und Pomacentridae repräsentieren den zweiten wichtigen Ernährungsformtyp der „Substratabbürster“ (CHOAT & BELLWOOD 1991) und zielen bei der Beweidung eher auf die epilithischen Algen. Glatte Flächen, wie die Betonplatten kommen diesem Ernährungstyp eher entgegen da diese Gilde eher auf den epilithischen Algenfilm aus ist (SMITH & TYLER 1973, MILLER 1982). Darüber hinaus wurden oft kleinere Arten wie *Acanthurus nigrofuscus*, *Pomacentrus trichourus* und *P. aquilus* beim Versuch beobachtet, Algen an den Innenseiten der Ercongitter zu erreichen und so Substratregionen zu beweidern, die den vergleichsweise großen Scariden (*S. ferrugineus*, adulte *S. niger*) und Acanthuridae (*C. striatus*) nicht zugänglich waren. Etwa 50 % des Weidedrucks durch Acanthuridae zielte auf die EES, 30% auf die Betonplatten und nur 20 % auf die Korallenskelettsubstrate (Abb. 60).

Obwohl etwa 30% des Weidedrucks durch Scaridae auf die Korallensubstrate zielte waren die absoluten Werte von Acanthuridae und Scaridae annähernd gleich. Die Korallenplatten waren im Vergleich der 3 Substrattypen dem geringsten Weidedruck ausgesetzt (vgl. SCHUPP & PAUL 1994). Um so bemerkenswerter waren die Messungen zur Bioerosion, die die Bedeutung von Fischfraß beim Materialumbau im Riff belegen (vgl. Kap. 4.5).

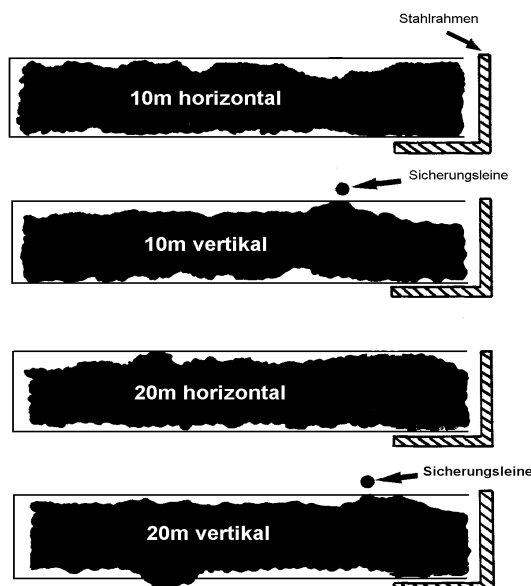
## 4.5. Bioerosion von Korallenskelettsubstraten durch Fische

Das Weidetätigkeit als Verhalten umfaßt nicht nur die bereits beschriebenen Aspekte der Steuerung von Neuansiedlungen benthischer Organismen, sondern leistet auch einen elementaren Beitrag zur Bioerosion und damit zur biogenen Gestaltung der Riffhabitate (KIENE & HUTCHINGS 1994). Bioerosion als antagonistischer Prozeß zum Aufbau von Gerüstwerk bedingt letztlich die Dynamik von Karbonatsubstraten und damit auch die der darauf siedelnden Lebensgemeinschaften (vgl. DAVIES & HUTCHINGS 1983; GLYNN 1996).

Obwohl eine Vielzahl von Bioerodierern dem Ernährungsformtyp des Weidegängers zugerechnet werden kann, galt die Aufmerksamkeit bislang vornehmlich „klassischen“ Erodierern wie Seeigeln und Papageifischen (z. B. OGDEN 1977; BAK 1990; GLYNN 1988, 1990). Wie bereits auf der Grundlage der Videoaufzeichnungen ausgeführt wurde, können auch die substratabbürstenden Weidegänger wie Doktorfische (Acanthuridae) und Demoisellen (Pomacentridae) in der Summe einen beachtlichen Beitrag zur Bioerosion liefern und damit das Karbonatbudget eines Riffes beeinflussen (vgl. BAK 1994).

### 4.5.1. Material

Die Platten aus dem Skelett der Steinkoralle *Favia fava* repräsentierten im Rahmen der Wiederbesiedlungsversuche den biogenen Substrattyp, der beispielhaft die Entwicklung natürlicher Riffflächen mit fortschreitender Expositionszeit belegen sollte. Besonders diese Platten zeigten deutliche Spuren von Bioerosion.



Die Graphik zeigt exemplarisch einen Querschnitt durch 4 halbe Platten, die 2 Jahre exponiert waren. Die Wirkung weidender Fische wird unterhalb von Sicherungsleinen, die ein Herausfallen der Vertikalen Platten verhindern sollten besonders deutlich. Diese Bereiche wiesen deutlich geringere Bioerosionsraten auf, als die restlichen Bereiche der selben Platte (vgl. Abb. 61).

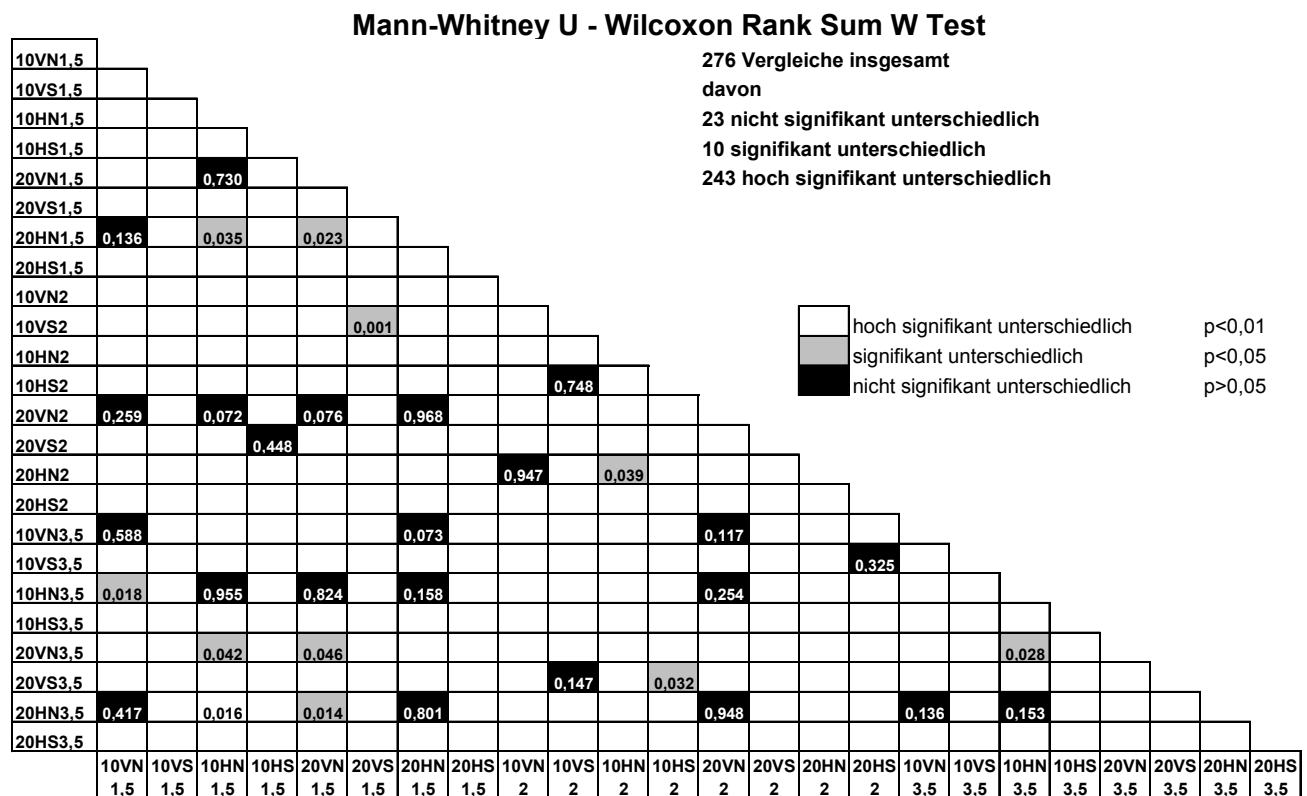
**Abbildung 61:** Querschnitt durch vier Plattenhälften nach 2 Jahren Expositionszeit. Die dünnen Linien markieren die ursprüngliche Materialstärke.

Aus 10 und 20 m Wassertiefe wurde jeweils ein Satz an Substratplatten (30 x 30 cm) mit 1,5, 2 und 3,5 jähriger Expositionszeit vermessen. Jeder Satz bestand aus einer horizontal (H) und einer vertikal (V) exponierten Platte.



Für jede Platte wurde der Abtrag von der dem Licht zugewandten Seite als auch von der beschatteten Seite gemessen. Da die Platten aus technischen Gründen aus zwei Teilen á 30x15 cm zusammengesetzt waren, diente die separate Messung der Teile der methodischen Kontrolle. Zur Messmethodik siehe Kapitel 2.3.2.

Die Abtragsraten jeder einzelnen Platte wurden durch den Mann-Whitney U - Wilcoxon Rank Sum W Test auf Gleichheit hin überprüft (vgl. Abb. 62).



**Abbildung 62:** Matrix der Analyse auf Gleichheit nach dem Mann-Whitney U-Wilcoxon Rank Sum W-Test. Verglichen wurden die Abtragswerte aller Platten miteinander. Signifikanzwerte  $> 0,01$  sind als Zahlenwert dargestellt.

Von 276 Vergleichen waren 243 hoch signifikant ( $p < 0,01$ ) und 10 signifikant unterschiedlich.

Die Datensätze von 23 Paarungen zeigten keine signifikanten Unterschiede. Auffällig war, dass es sich mit drei Ausnahmen jeweils um Vergleiche von Datensätzen von beschatteten Plattenseiten handelt. Die biogenen Abträge von den beschatteten Seiten waren, wie noch zu sehen sein wird, immer deutlich geringer als von den belichteten Seiten. Zudem siedelten deutlich mehr Aufwuchsorganismen auf den N Seiten, so daß der Abtrag zum Teil durch die Kalkgehäuse der Organismen wieder maskiert wurde. (Zur Berechnung des Abtrags siehe Kap. 2.3.2).

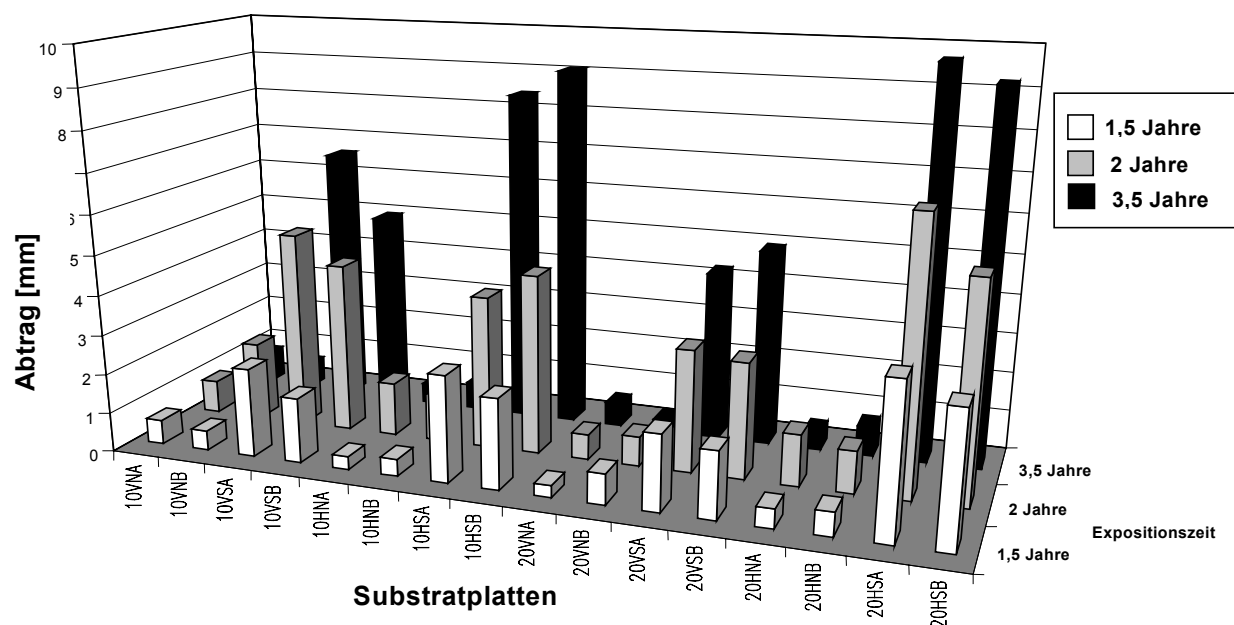
Zusammenfassend deuten die Befunde an, dass die beschatteten Seiten geringere Unterschiede der Bioerosionsraten aufwiesen, als die belichteten Seiten der

Korallensubstrate. Diese Unterschiede zeigten sich durchgehend, sowohl für beide untersuchten Tiefenstufen, wie für die verschiedenen Expositionszeiten.

#### 4.5.2 Bioerosion von Korallenskelettsubstraten durch Fische

Die Bioerosion der Versuchssubstrate variierte je nach Ausrichtung (horizontal (H) bzw. vertikal (V)) und Exposition zum Licht (Norden (N) bzw. Süden (S)). Zudem zeigten sich Unterschiede in der Entwicklung der Bioerosion auf den betrachteten Tiefenstufen von 10 und 20 m Wassertiefe.

Abbildung 63 zeigt die gemessenen Abträge jeweils für beide Plattenhälften getrennt. Die Hälften zeigten weitgehend übereinstimmende Muster und werden daher im Folgenden gemeinsam betrachtet.



**Abbildung 63:** Materialabtrag von den Korallensubstratplatten in mm. Dargestellt sind die Messwerte nach 1,5, 2, und 3,5 Jahren Expositionszeit.

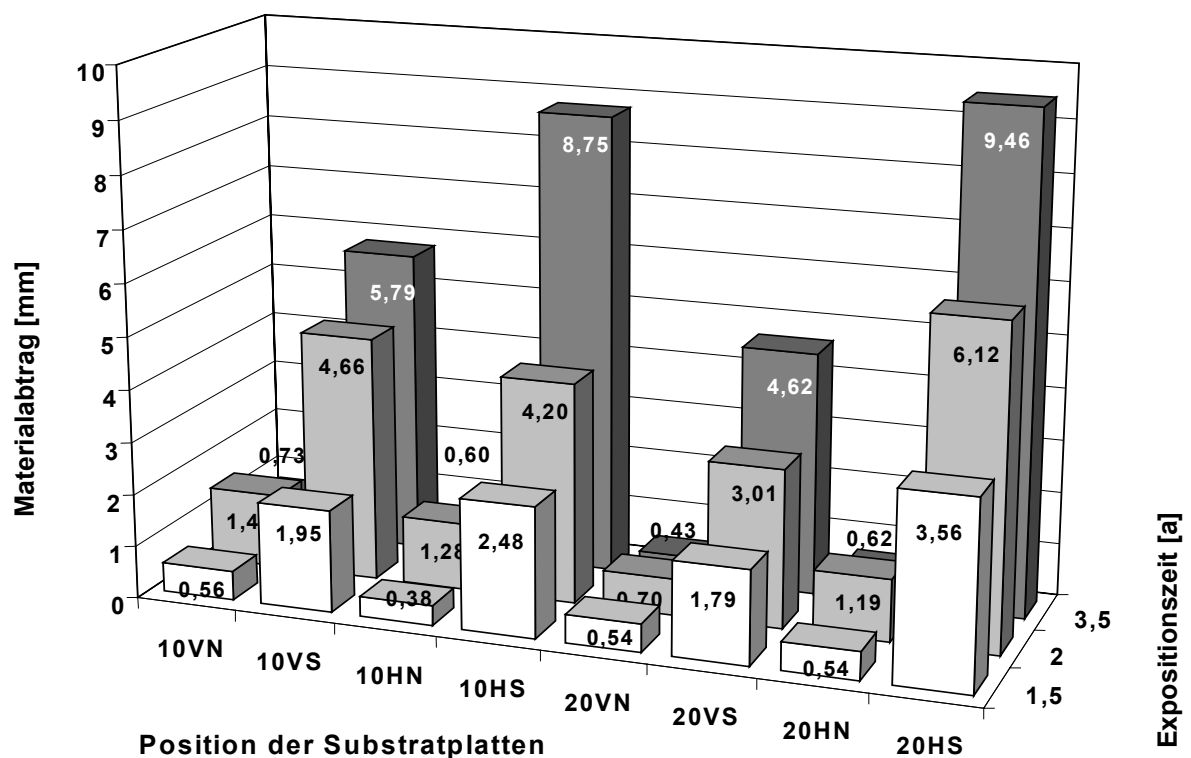
Die dem Licht zugewandten Oberflächen der Platten (S) waren durchgehend stärker erodiert als die dem Licht abgewandten Seiten (N), dieses Muster war unabhängig von der Expositionsdauer deutlich. Das größere Lichtangebot auf der Oberfläche der belichteten Plattenseiten (S) begünstigt die Produktivität der epilithischen und endolithischen Algen, so dass die Attraktivität für Weidegänger entsprechend steigt (vgl. GOLUBIC et al. 1975; RADTKE 1993; VOGEL et al. 1995).

Mit Ausnahme des Plattensatzes mit 2 jähriger Expositionszeit (10VS) und (10HS) war der Abtrag von den horizontalen Flächen (H) durchweg höher als von den vertikalen (V).

Die dem Licht abgewandten Flächen der horizontal exponierten Platten (HN) wiesen bei allen zeitlichen Stichproben den geringsten Abtrag auf.

Der Materialabtrag von dem Licht zugewandten Seiten (HS und VS) nahm mit der Expositionszeit zu (Abb. 64).

Die HN- und VN- Platten zeigten, wenn gleich auf niedrigeren Niveau, eine Zunahme des Materialabtrags bis zu einer Expositionsdauer von 2 Jahren. Die 3,5 jährigen Exponate zeigten jedoch einen geringeren Abtrag als die nur für zwei Jahre exponierten Platten. Ursache für diesen zunächst widersprüchlich erscheinenden Befund sind Aufwuchsorganismen, die nach zwei Jahren verstärkt speziell die beschatteten Flächen der Korallenplatten besiedeln. Neben Bryozoen siedelten besonders Bivalvia der Gattung *Spondylus* auf den Platten. Diese biogenen Strukturen wurden durch die Messung mit erfaßt und gehen als „Abtrag 0“ in die Berechnung des durchschnittlichen Nettoabtrags mit ein (vgl. Kap. 2.3.2). Für beschattete Flächen in der betreffenden Orientierung (N) lag der biogene Abtrag nur unwesentlich über der biogenen Mineralakkretion.



**Abbildung 64:** Materialabtrag in mm durch Fische über die Expositionszeit.

### Maxima und Minima

Die höchsten Abtragsraten wurden auf in den horizontal exponierten Platten aus 20 m Tiefe gemessen (20HS). Innerhalb von 3,5 Jahren wurden von der belichteten Seite (S) durchschnittlich 9,46 mm des Korallenskelettes erodiert.

Der Abtrag von den vertikalen Flächen der gleichen Tiefenstufe war nur etwa halb so groß (Mittelwert  $\Delta$  20VS = 4,62mm). Der Vergleich des Abtrags von HS und VS in 20 m Tiefe zeigt, daß das Verhältnis zu allen Entnahmetermen in etwa 2:1 entspricht. Die beschatteten Flächen wurden nur gering erodiert (max. 1,19 mm). HN und VN zeigten keine nennenswerte Unterschiede.

Auch in 10m Tiefe wurde von den HS Platten die größte Materialmenge abgetragen (Mittelwert  $\Delta$  für 10HS innerhalb von 3,5 Jahren = 8,75 mm). Der Vergleich von HS und VS ergibt jedoch ein Verhältnis von etwa 3:2 (8,75 mm zu 5,79 mm). Dieses Verhältnis verschob sich bei den nach zwei Jahren entnommenen Platten sogar zugunsten der vertikal exponierten (V) Proben, die einen höheren Abtrag aufwiesen als die horizontal ausgerichteten Pendants (H).

Nach 3,5 Jahren wurden für alle N Proben ähnliche Werte im Bereich von 0,73 bis 0,43mm ermittelt. Deutliche Unterschiede der beschatteten Proben (N) zwischen 10 und 20 m waren nicht erkennbar.

Die Unterschiede zwischen S und N waren bei allen Paarungen ausgeprägt. Von 20HS wurde innerhalb von 3,5 Jahren 15 mal mehr Material erodiert als von 20HN. Die entsprechenden Proben aus 10 m Tiefe (10HS und 10 HN) zeigten das gleiche Muster (14 :1).

Der Abtrag von den vertikalen Flächen war generell geringer und die Unterschiede zwischen S und N weniger deutlich. Nach 3,5 Jahren entsprach der Abtrag von 20VS und 20VN bzw. 10VS und 10VN dem Verhältnis von 10 : 1.

Die Bioerosion der angebotenen Substratplatten läßt sich möglicherweise als Funktion der PAR fassen. Das eingestrahle Licht reguliert die Produktivität der epi- und endolithischen Primärproduzenten und die daraus resultierende Attraktivität für herbivore Weidegänger. Unter Annahme einer aktiven, d.h. nicht zufälligen Nahrungssuche ("*active foraging*" sensu BRUGGEMANN 1994) der Herbivoren ist zu erwarten, dass die Weideintensität und damit die Bioerosion die Aufstellung einer Rangfolge der unterschiedlichen Plattenorientierungen erlaubt.

Unter dieser Annahme ergäbe sich die aufsteigende Rangfolge:

20HN < 10HN < 20VN < 10VN < 20VS < 10VS < 20HS < 10HS

Die Rangfolge der gemessenen Bioerosion stellt sich dar als:

**20VN < 10HN < 20HN < 10VN < 20VS < 10VS < 10HS < 20HS**

Die gemessenen Erosionsraten folgen zum Teil der Annahme. Allerdings integriert die Messung trotz der Verwendung von „Nettowerten“ bis zu einem gewissen Grad die Mineralakkretion. Die gemessenen Werte beschreiben *sensu strictu* den resultierenden Materialabtrag abzüglich der Biomineralisation. Biomineralisation > Bioerosion geht mit dem Abtragswert 0 in die Rechnung ein, auch wenn der gemessene Wert negativ war

(Bruttowerte). Die Auflösung dieser simultanen gegenläufigen Prozesse war mit der verwendeten Versuchsanordnung nicht möglich. Diese Effekte wirken sich besonders bei der Messung von Platten aus, die geringem Weidedruck ausgesetzt waren und kalzifizierenden Organismen genügend große Zeitfenster boten, sich anzusiedeln und zur Mineralakkretion beizutragen (vgl. Kap. 4.4). Die Streuung der Werte war bei diesen Platten entsprechend hoch. Die Abweichende Reihenfolge von 20VN und 20HN läßt sich so erklären. Die abweichende Reihenfolge von 10HS und 20 HS wird durch diesen Ansatz nicht erklärt.

Anhand der ermittelten Ergebnisse lassen sich folgende Hypothesen über Wirkfaktoren, die den Weidedruck auf die Substrate determinieren ableiten:

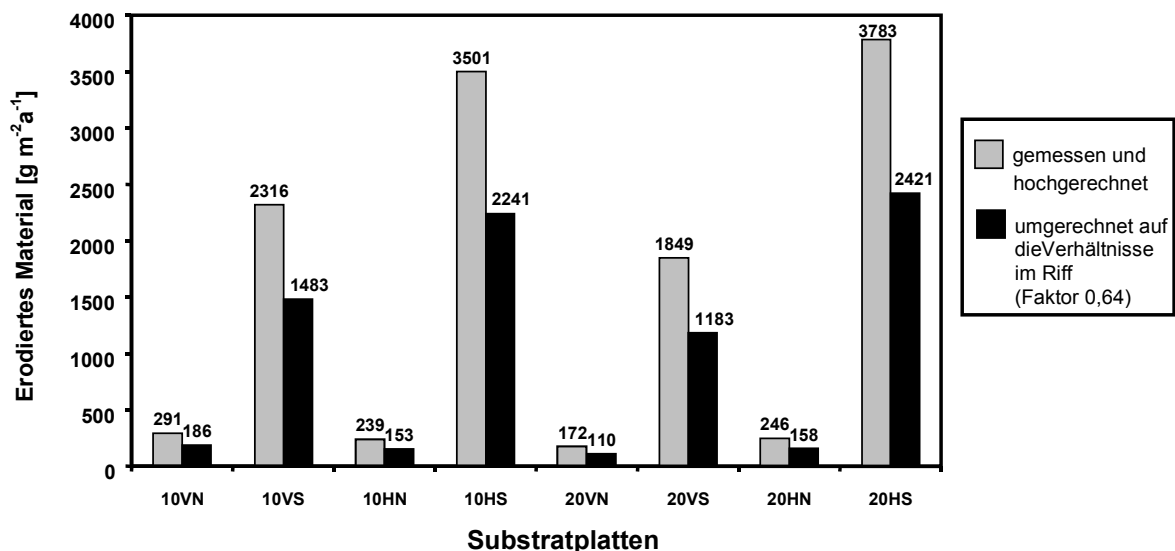
- Weil Substratplatten aus 10 m Tiefe einer höheren PAR ausgesetzt als Platten aus 20 m Tiefe steigt die Produktivität der epi- und endolithischen Algen und damit das Nahrungsangebot für Weidegänger und damit potentiell auch die Bioerosion durch weidende Organismen.
- Gleiches sollte in Bezug auf Unterschiede durch horizontale (H) b.z.w. vertikale (V) Orientierung zutreffen.
- Weil PAR auf VN größer ist als PAR auf HN sollte die Erosion an VN- Platten größer sein als bei HN- Platten.
- HN- Orientierungen sollten die geringsten Abträge aufweisen da hier zusätzlich zum "Wirkfaktor Licht" die Kieformorphologie eine Rolle spielen kann.

Während der Kontrolltauchgänge in der Nähe der Versuchsanlagen wurden nie Acanthuridae beobachtet, die „über Kopf“ weideten. Inwieweit es sich hierbei um ein ethologisches Muster oder lediglich um die Folge des unterschiedlichen Nahrungsangebots handelt, bleibt Spekulation. Möglicherweise läßt Ihre Kieformorphologie mit endständigem bzw. eher unterständigem Maul die Überkopfbeweidung auch nur bedingt zu. Praktisch alle Arten der häufigsten Weidegänger unter den Fischen (*Scarus fuscopurpureus*, *S. niger*, *Ctenochaetus striatus*, *Acanthurus nigrofuscus*) verfügen über ein unterständiges Maul.

Die Ergebnisse der Messungen der N- Platten entsprachen in Bezug auf die Hierarchie zwar nicht völlig den skizzierten Hypothesen von *active foraging* bzw. morphologischen Zwängen, indizierten aber auch keine deutlich abweichenden Mechanismen (vgl. MONTGOMERY et al. 1989). Die Hierarchie der Messwerte für die S- Platten folgt für die Orientierung V dem Modell, entgegen der Annahme wurde jedoch von der 20HS Oberfläche mehr Material abgetragen als von 10HS (vgl. OHLHORST & LIDDLE 1988). Die geringeren Unterschiede im Abtrag beim Vergleich von VN und VS mit HN und HS können als Hinweis auf die höhere Verfügbarkeit von Streulicht auf den VN Platten als auf den HN- Platten gewertet werden. Die Differenzierung der Steuerfaktoren „Kieformorphologie“ und PAR kann ohne weitere Versuche nicht aufgelöst werden.

#### 4.5.3 Hochrechnung des Materialabtrags durch Fische auf die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Der Einfluß weidender Fische auf den Karbonatumsatz innerhalb des Untersuchungsgebietes kann anhand einer Hochrechnung der gemessenen Bioerosionsraten veranschaulicht werden. Zur Abschätzung des Weidedrucks auf die natürlichen Riffe im Untersuchungsgebiet wurden die gemessenen Werte unter Berücksichtigung folgender standortspezifischer Bedingungen im betreffenden Gebiet umgerechnet: Die Berechnung geht von 40 % beweidbarer Oberfläche aus, entsprechend dem Anteil an „unbesiedelter Rifffläche“ (vgl. MERGNER & SCHUHMACHER 1981, KROLL 1990). Die Streckung des dreidimensionalen Riffprofils in eine Ebene resultiert in einer Verdoppelung der Oberfläche, und 80 % dieser Fläche sind für Fische zugänglich (vgl. VAN TREECK et al. 1996). Aus diesen Annahmen ergibt sich ein Korrekturfaktor von 0,64 mit dem die gemessenen Erosionsraten der Versuchssubstrate multipliziert wurden.



**Abbildung 65:** Hochgerechnete Bioerosionsraten durch Fische auf der Basis von 3.5 jährigen Nettowerten.

Die folgenden Überlegungen berücksichtigen ausschließlich die S-Werte. Entsprechend der Hochrechnung würden von einem m<sup>2</sup> des verwendeten Substrattyps innerhalb eines Jahres in 10 m Tiefe etwa 3,5 kg, in 20 m Tiefe fast 4 kg Karbonatmaterial durch Fische erodiert. Die vertikal orientierten Substrate unterliegen geringerer Erosion, zeigen aber immer noch Abtragsraten, die die Gesamtwerte von KROLL für die Bioerosion durch Seeigel der Gattung *Diadema* erreichen bzw. übersteigen (KROLL IN DULLO et al. 1995).

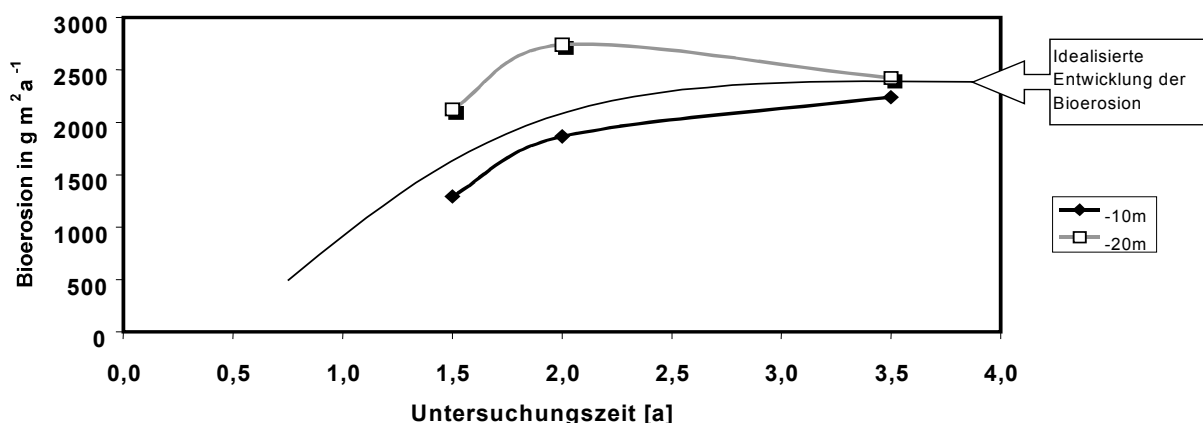
Bei der Interpretation der Erosionsraten muß berücksichtigt werden, daß die Skelettstruktur von *Favia fava* hohe Porositäten aufweist und daher als vergleichsweise „weich“ einzustufen ist. Skelette anderer massig wachsender Scleractinia, wie z. B. *Porites* oder *Goniopora*, sollten weniger leicht erodierbar sein und bei vergleichbaren Experimenten auch geringeren Bioerosionsraten unterliegen.

Dem gegenüber muss bei verzweigten Steinkorallen durchaus mit höheren Erosionsraten gerechnet werden, da zum einen die Oberfläche erheblich größere erodierbare Angriffsflächen bietet und zum anderen abgestorbene Kolonien biogen fragmentiert werden können. Untersuchungen, die ausschließlich massig wachsende Korallenarten mit harten Skeletten betrachten (HASSAN 1997), unterschätzen mit hoher Wahrscheinlichkeit die Gesamterosion in Gebieten mit hohen Anteilen an verzweigten Steinkorallen.

#### 4.5.4 Niveau der Bioerosion durch Fische über den Untersuchungszeitraum

Die ermittelten Bioerosionsraten zeigten unterschiedliche Niveaus über den Untersuchungszeitraum, je nachdem welche Stichprobe zu Grunde gelegt wurde (1,5-, 2-, oder 3,5-jährigen Stichproben). Die Entwicklung der Erosionsniveaus mit der Expositionszeit sind in Abb. 66 dargestellt. Zu Beginn der Exposition unterliegen die Substrate zunächst einem Konditionierungsprozess, in dessen Folge sowohl epilithische Algen als auch Endolithen die Platten besiedeln. Besonders die Endolithen spielen eine wichtige Rolle bei der Prä-Erodierung der Oberfläche.<sup>1</sup> Die bohrenden Algen erhöhen zum Einen den Nährstoffgehalt des Karbonatmaterials, indem sie die selbstgeschaffenen Bohrgänge mit ihrem Biomaterial anreichern. Andererseits schwächen sie durch die Bohrtätigkeit die mechanische Festigkeit des Wirtsgesteins und leisten so der weiteren Bioerosion durch Weidegänger Vorschub (vgl. RÜTZELER 1975; HIGHSMITH 1980; SCOFFIN et al. 1980; KENDRIK et al. 1982; TUDHOPE & RISK 1985; VOGEL et al. 1995).

Der zeitliche Verlauf dieser „Substratalterung“ wird in der Graphik deutlich (Abb. 66). Das Niveau der Bioerosion steigt mit zunehmender Alterung der Substrate an, erreicht nach etwa 2 Jahren sein Maximum und pendelt sich dann auf einem etwas niedrigeren Niveau ein. Die Bioerosionsraten in 10 m und 20 m Tiefe nähern sich zum Ende der Untersuchungszeit etwa gleichen Werten von ungefähr 2,5 kg pro m<sup>2</sup> und Jahr.



**Abbildung 66:** Entwicklung des jährlichen Materialabtrags (Niveau der Bioerosion) über den Untersuchungszeitraum.

<sup>1</sup> Die hier betrachtete „externe“ Bioerosion sensu GLYNN (1996) beinhaltet somit auch Aktivitäten interner Bioerodierer (vgl. VAN TREECK 1998)



#### 4.5.5 Zum Einfluß der Bioerosion durch Fische auf das Karbonatbudget des Riffareals bei Aqaba

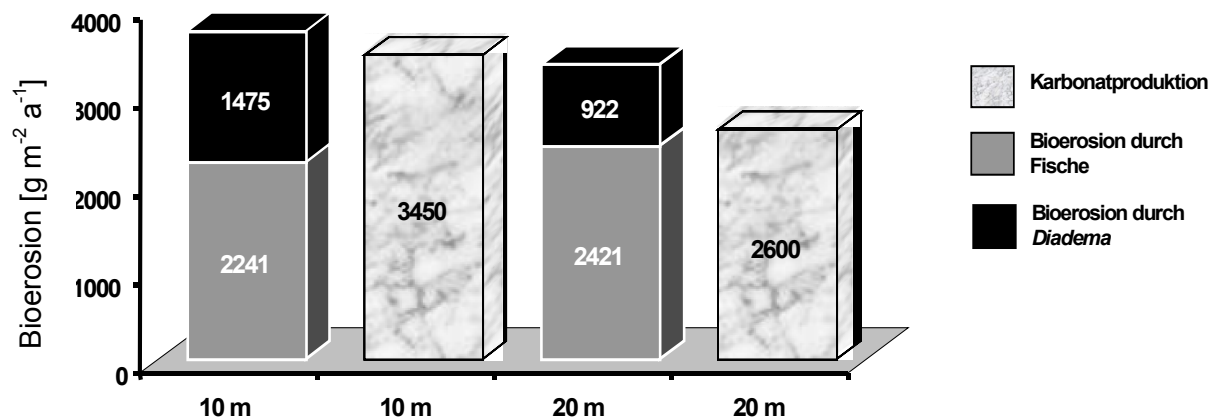
Bioerosion an sich wird als Kenngröße nur interpretierbar, wenn man sie dem Gerüstaufbau bzw. der Karbonatproduktion des jeweiligen Riffgebietes gegenüberstellt.

Bioerosionsraten in Gebieten intensiver Weidetätigkeit können die Kalkproduktion um ein Vielfaches übersteigen (BAK 1994). Deshalb muss die primäre Kalkproduktion nicht zwangsläufig gering sein (KIENE 1988). Entscheidend für die Persistenz von Korallenriffen ist somit nicht die absolute Höhe der Bioerosion sondern die Auswirkung auf die Kalkbilanz eines Riffkörpers und damit auf die Frage „wächst das Riff?“

Ein Vergleich mit den Karbonatproduktionsdaten der Arbeitsgruppe Schlichter (Universität zu Köln, KUHRAU pers. Mitt.) für das selbe Untersuchungsgebiet zeigt für die Tiefenstufe von 20 m, dass die Bioerosion durch Fische allein den Gerüstaufbau durch Steinkorallen fast vollständig wieder erodieren kann (vgl. Abb. 67). Integriert man in die Bilanzierung darüber hinaus experimentell ermittelte Bioerosionsraten durch Diademseeigel (*Diadema setosum*, KROLL in Dullo et al. 1995) ergibt sich für beide betrachteten Tiefenstufen eine negative Karbonatbilanz (vgl. KINSEY 1983).

Die Summierung experimentell getrennt ermittelter Erosionsraten muß jedoch unter Vorbehalt betrachtet werden, da beide Weidegänger-Gruppen die selbe Nahrungsresource nutzen. Entsprechend wird bei Zugänglichkeit des Substrates für beide Gruppen eine einfache Addition der Einzelwerte dem Sachverhalt nicht gerecht, sie überschätzt die Gesamterosion (vgl. HAY & TAYLOR 1985, CHAZOTTES et al. 1995).

Ungeachtet dessen belegen die dargestellten Ergebnisse, daß die Bewertung des Wachstumspotentials von Korallenriffen nicht allein auf der Basis der Lebendbedeckung mit Gerüst-bildenden Steinkorallen erfolgen kann. Untersuchungen von REINICKE (1994) im selben Untersuchungsgebiet konnten auch in 20 m Tiefe noch eine Steinkorallenbedeckung von 37% nachweisen. Sowohl Qualität und Quantität der Bioerosion als auch die „Anfälligkeit“ der dominierenden Korallenarten für Erosionsprozesse entscheiden über die Ausprägung des Karbonatbudgets.



**Abbildung 67:** Karbonatbilanz für die Tiefenstufen 10 und 20 m im Riffareal des Untersuchungsgebietes. Produktionswerte nach KUHRAU (pers. Mittlg.), Diadema- Erosion nach KROLL (1995).

## 4.6 Überlebensraten transplanterter Korallenfragmente

Neben der experimentellen Verfolgung der natürlichen Besiedlungssukzession auf verschiedenen Substrattypen bildeten Experimente zur Transplantation von lebenden Steinkorallenkolonien auf elektrochemisch erzeugte Substrate einen weiteren Schwerpunkt der Arbeiten. Ziel dieser Versuche war zum einen, die Eignung der ERCON- Technologie für die Transplantation von Korallen im Feld zu testen, zum anderen den Einfluß einer Initialbesiedlung mit Steinkorallen (Transplantate) auf die weitere spontan Besiedlung der EES zu verfolgen.

### 4.6.1 Material und allgemeine Beobachtungen

Zur Auswertung standen vier Testflächen mit Korallentransplantaten aus 1, 6, 12 und 18 m Tiefe zur Verfügung.

Wenige Stunden nach dem Einsetzen der Korallenfragmente in das Drahtgewebe und dem Anlegen der Spannung war bereits ein weißlicher Niederschlag auf dem Maschendraht erkennbar. Die Mineralakkretion erfolgte nicht homogen über die Drahtfläche sondern verstärkt in der unmittelbaren Umgebung der Fragmente. Bislang konnte hierfür keine befriedigende Erklärung gefunden werden. Möglicherweise führt die CO<sub>2</sub> -Aufnahme durch die Zooxanthellen zu einer lokalen Verarmung des Meerwassers an CO<sub>2</sub> in Kathodennähe und begünstigt so das Ausfallen von Karbonaten in diesen Bereichen.

Während die Mineralkruste auf dem Drahtgewebe nach 5 Tagen durchschnittlich 0,5 bis 1 mm dick war, erreichte die Präzipitation rund um die Korallenfragmente 1- 2 mm. Mit zunehmender Abschirmung gestaltete sich die Mineralabscheidung zunehmend uniform, so dass nach zwei Monaten eine gleichmäßige Mineralkruste auf der gesamten Maschendrahtfläche abgeschieden war.

Vorsichtige Prüfung mit bloßen Fingern bestätigte, daß die meisten Korallenfragmente bereits nach zwei Wochen Bestromung durch die Mineralkruste fixiert waren. Das Korallengewebe in unmittelbarer Nähe der Kathode, respektive der Mineralkruste, zeigte keinerlei Anzeichen von Schädigung. Die Pigmentierung entsprach der von Wachstumsrändern an der Basis von Kolonien, die auf natürlichem Substrat siedelten.

Diese Widerstandsfähigkeit ist um so bemerkenswerter, als im Laborversuch pH-Werte von bis zu 11 an der Grenzschicht zwischen Kathode und Medium gemessen wurden (SCHUHMACHER & SCHILLAK 1994). Nach acht Wochen waren alle 400 Fragmente mit dem jeweiligen Kathodenkörper verzementiert. Die Dicke der Mineralkruste lag im Bereich von 6 bis 8 mm (radial gemessen). Nach drei Monaten wurde die Stromversorgung abgeschaltet und die Kabel und Anoden entfernt.

Die Testflächen (TFn) wurden nach drei, sieben und, im Fall von TF -12m, zwölf Monaten inspiziert. Alle Korallen- Fragmente, die in ursprünglicher Position und unauffälliger Pigmentierung vorgefunden wurden, wurden als erfolgreich transplantiert gezählt.

Einige Fragmente wurden in unmittelbarer Nähe der TFn lose auf dem Meeresgrund aufgefunden. Diese Fragmente, auch wenn sie nicht abgestorben waren, wurden nicht gezählt. Während der Initialphase wurden mehrfach Fische beobachtet (Labridae, z.B. *Thalassoma* spp., *Cheilinus abudjubbe*), die auf der Suche nach Invertebraten an den Fragmenten zupften und so möglicherweise Fragmente aus dem Draht zogen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß durch Wellenschlag (über TF -1m und TF -6m) ebenfalls kleinere Fragmente aus dem Maschendraht gespült wurden. Auf allen Testflächen mit Ausnahme von TF -6m wurden bei Inspektionen Exemplare der corallivoren Schnecke *Drupella cornus* nachgewiesen.

#### 4.6.2 Überlebensraten transplanterter Korallenfragmente

Verglichen mit anderen Transplantationstechniken (Übersicht in HARRIOTT & FISK 1988) war die Mortalität auf allen Testflächen gering (vgl. Abb. 68). Drei Monate nach der Beendigung der Bestromung lebten noch 80 % aller transplantierten Fragmente. Eine Ausnahme bildeten die Fragmente von *Pocillopora damicornis* auf TF -6m, von denen lediglich 16 % die ersten drei Monate lebend überstanden. Auf der TF -12m, welche fünf Monate vor den anderen TFn installiert wurde, zeigte *Acropora squarrosa* Mortalitätsraten von 28 % nach drei Monaten, ansteigend auf 56 % nach sieben Monaten.

Während die Fragmente von *Stylophora pistillata* auf den TFn -1m, -6m und -18m auch nach 7 Monaten maximale Mortalitätsraten von 12 % zeigten, stieg die Sterblichkeit auf der TF -12m von 4 % nach drei Monaten auf 28 % nach sieben Monaten an. Nach einem Jahr wurden nur noch die Hälfte der transplantierten Fragmente von *S. pistillata* lebend auf TF -12m angetroffen.

#### 4.6.3 Diskussion

Der Anstieg der Mortalität insbesondere der Fragmente von *S. pistillata* auf TF -12m ist zum Teil ein Artefakt. Zwischen der 5. und 8. Woche der Bestromung riss die Seilaufhängung des Anodengitters und kam so mit einem Ende sehr nahe der Kathode zu liegen. An dieser Stelle entstand ein starkes elektrisches Feld, welches lokal heftige Präzipitation vorwiegend stark alkalischen Brucites induzierte. In dem betroffenen Teil von TF -12m standen überwiegend *Stylophora pistillata*- und *Acropora squarrosa*-Fragmente, die durch die hohe Alkalinität geschädigt wurden.

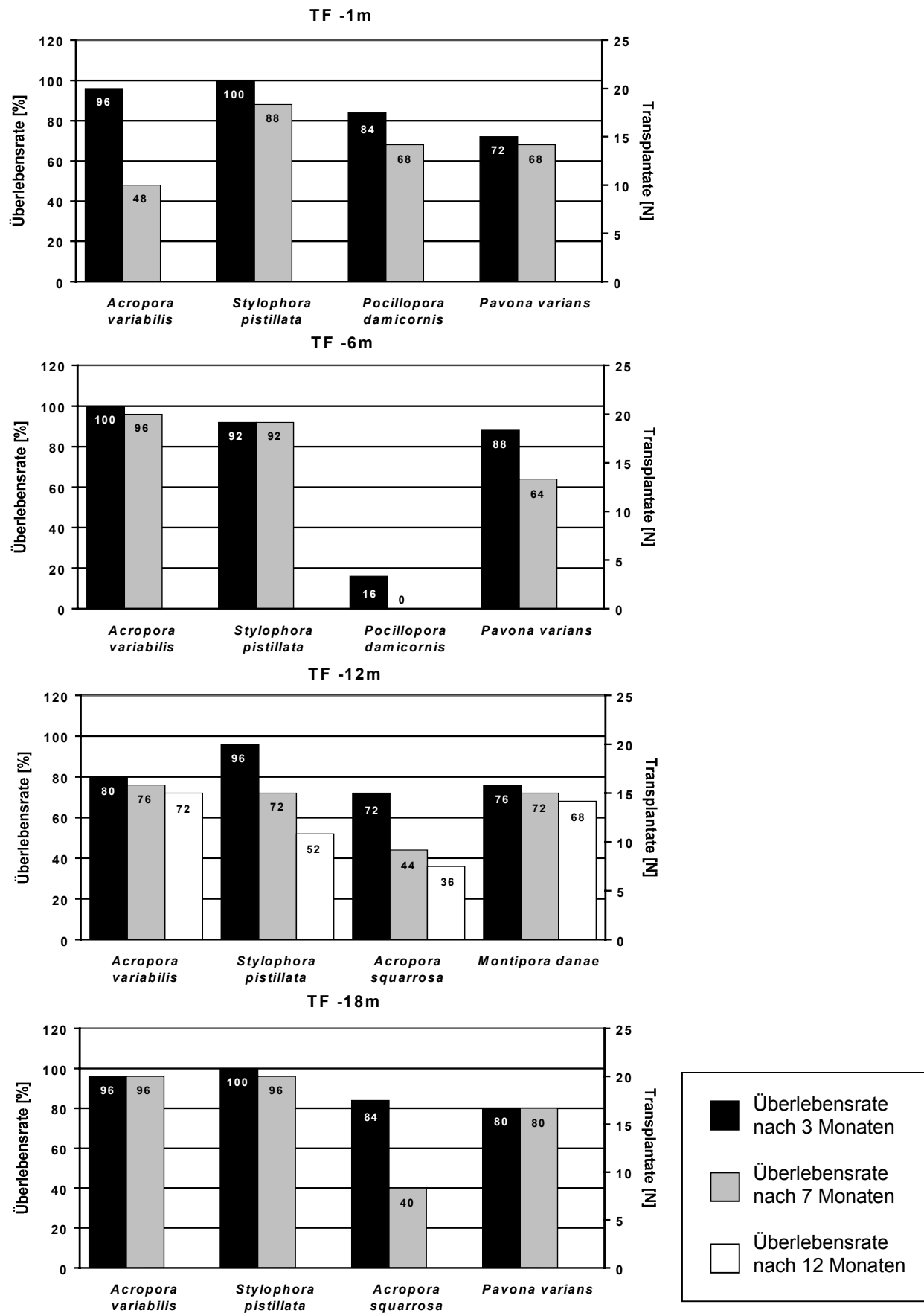


Abbildung 68: Überlebensraten der Korallentransplantate auf den TF.

Der Nachweis von *Drupella cornus* auf den TFn legt die Annahme nahe, dass ein Teil der Mortalität auf das Konto dieser corallivoren Schnecke geht. Obwohl die Schnecke als obligat nachtaktiv gilt, wurden drei Exemplare tagsüber auf der TF -1m fressend angetroffen. Trotz unmittelbarer Entfernung der Schnecken waren drei Fragmente (= 12 %) so stark geschädigt, dass sie in der Folge abstarben. *D. cornus* ist im nördlichen Roten Meer häufig. Eigene Zählungen innerhalb eines Gürteltransektes von 30 m Länge und 1 m Breite parallel zur Riffkante des Saumriffes vor der MSS Aqaba ergaben Abundanzen von 30 - 180 Indiv./ m<sup>2</sup>. Die Schnecke ernährt sich bevorzugt von *Acropora* -Arten (SCHUHMACHER 1992, AL MOGHRABI 1997). Es ist wahrscheinlich, daß noch weitere Fragmente in Folge des Schneckenbefalls und nicht aufgrund des Transplantations-Traumas abstarben.

Abgesehen von den oben genannten besonderen Stressfaktoren reagierten die einzelnen Arten unterschiedlich sensitiv auf die Transplantation mittels Mineralakkretion.

*Pocillopora damicornis* als typische Pionierform und häufige Besiedlerin der oberflächennahen Riffbereiche reagierte mit vergleichsweise hohen Mortalitätsraten auf die Transplantation. Auch YAP et al. (1992) charakterisierten *P. damicornis* aufgrund der hohen Sensibilität gegenüber Fragmentation als ungeeignet für Transplantationsvorhaben. Während die Fragmentation für viele Riffkorallen neben der Gametogamie ein zusätzlicher, vegetativer Reproduktionsmodus ist (HIGHSMITH 1982) wurden lebende Fragmente von *P. damicornis* nie im Riff beobachtet. Weniger die Transplantationsmethode, als vielmehr die Fragmentation scheint ursächlich für die Mortalitätsrate von *P. damicornis* verantwortlich zu sein.

Im Gegensatz zu den Befunden bei *P. damicornis* überlebten 87 % der *Stylophora pistillata*-Fragmente die ersten sieben Monaten nach Beendigung der Bestromung. Obwohl die Bildung von Tochterkolonien aus Fragmenten bei *S. pistillata* nicht explizit beschrieben wurde, ist das hohe Regenerationspotential dieser Art seit langem bekannt (z.B. LOYA 1976). Alte Kolonien von *S. pistillata* sterben häufig vom Zentrum aus ab. Die Spitzen der Äste leben ohne verbindende Gewebebrücken, quasi als Tochterkolonien, weiter.

Ähnliche Muster der Gewebefragmentation finden sich bei *Pavona varians*. Die erhabenen und oftmals „jüngeren“ Rippen der Kolonien, separieren sich durch das Absterben der älteren, tiefliegenden Teile des Koloniekörpers. Obwohl die Fragmentation krustig wachsender Arten im Vergleich zu verzweigten Arten ein wesentlich schlechteres Verhältnis von Fragmentgröße zu Bruchstelle mit sich bringt, wird *P. varians* als geeignet für die Transplantation beschrieben (PLUCER- ROSARIO & RANDALL 1987). Krustig wachsende Korallenarten sind mit Hilfe der Mineralakkretion schwieriger zu transplantieren als verzweigte Formen, da die Fragmente nicht ohne zusätzlichen Aufwand in das Maschendrahtgitter gesteckt werden können. 20 % der Fragmente von *P. varians* wurden unmittelbar nach der Transplantation durch

Wellenschlag oder biogene Störungen von den TFn entfernt, da die primäre Fixierung der in den Kerben der TFn liegenden Fragmente ausschließlich durch die Mineralabscheidung erfolgt. Von den erfolgreich fixierten Fragmenten überlebten etwa 90 % die ersten sieben Monate und unterstrichen so die Eignung von *P. varians* als Kandidat für die Transplantation. Durch Modifikation der Primärfixierung wären die Verluste möglicherweise zu verringern.

Ähnliches gilt auch für *Montipora danae*, wenn auch die vorliegenden Ergebnisse aufgrund der geringen Anzahl der Transplantate lediglich als Anhaltspunkt gewertet werden können.

*Acopora variabilis* wies nach *S. pistillata* die höchsten Überlebensraten auf. Nach drei Monaten waren lediglich sieben von 100 eingesetzten Fragmente abgestorben. In der Zeit vom 3. bis zum 7. Monat starben auf dem TF -1m zwölf der verbliebenen 24 Fragmente ab. Dieser Einbruch wird im wesentlichen auf Fraß durch *Drupella cornus* zurückgeführt. Die Fragmente auf den anderen TFn zeigten keinen auffälligen Anstieg der Mortalität.

Für die Transplantation wurden Korallenarten ausgewählt, die in den unmittelbar angrenzenden Riffbereichen häufig und zum Teil prägend für die Korallengemeinschaft waren und sind. Nach MERGNER und SCHUHMACHER (1974) charakterisieren *A. variabilis* und *A. squarrosa* als Leitarten bestimmte Zonen innerhalb eines Tiefengradienten des untersuchten Saumriffes bei Aqaba. Während *A. variabilis* und *S. pistillata* typische Formen der Flachwasserbereiche bzw der Riffkante sind, gilt *A. squarrosa* als typisches Element der Vorriffgemeinschaft. *Pavona varians* hat keinen distinkten Verbreitungsschwerpunkt und kommt sowohl unmittelbar unterhalb der Riffkante (MERGNER & SCHUHMACHER 1974) als auch aspektbildend in 20 - 30m Tiefe im Vorriffbereich nördlich der MSS und vor der MSS vor (REINICKE 1994). *Pocillopora damicornis* wurde im Untersuchungsgebiet selten unterhalb von 15 m Tiefe angetroffen.

Die vier TFn deckten das Tiefenspektrum von -1 bis -18m ab. Artspezifische Adaptationen der einzelnen Arten an bestimmte Tiefenstufen und damit korrelierte Parameter könnten sich in Form verminderter bzw. erhöhter Widerstandskraft gegenüber dem Fragmentations- bzw Transplantationstress und damit in unterschiedlichen Mortalitätsraten der selben Art auf unterschiedlichen Tiefenstufen abbilden. Die Mortalitätsraten von *A. variabilis* und *S. pistillata* zeigten nur geringe Unterschiede auf den unterschiedlichen Tiefenstufen. Der Einbruch der *A. variabilis*- Fragmente wird nicht auf die Transplantation sondern auf Schneckenfraß zurückgeführt. Der Transplantationserfolg der *Pavona varians*- Fragmente war auf TF -18m um 12 bzw. 14 % höher als auf TF -1m und TF -6m. Auch bei prinzipieller Eignung bestimmter Scleractinia- Arten empfiehlt sich die Transplantation nur innerhalb des artspezifischen Verbreitungsschwerpunktes im betreffenden Riffgebiet.

Mit Ausnahme von *Pocillopora damicornis* scheinen die ausgewählten Korallenarten für die Transplantation mit Hilfe von Mineralakkretion geeignet zu sein.

Bislang unberücksichtigt blieben intrinsische Steuerungsmechanismen, die saisonale Sensibilitäten bedingen wie zum Beispiel Stress und vermindertes Regenerationspotential der verschiedenen Arten vor und nach Reproduktionszeiten oder programmierter Zelltod alter Mutterkolonien.

Obwohl bei der Entnahme der Fragmente auf zufällig ausgewählte Mutterkolonien zurückgegriffen wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass genetisch identische Geschwisterkolonien verwendet wurden. Intrinsische Effekte würden sich hierdurch gegebenenfalls stärker abbilden als bei genetisch diversem Korallenmaterial.

Zu der Frage artspezifischer Mindestgrößen für Korallenfragmente sowie saisonalen Optima für die Transplantation besteht weiterer Forschungsbedarf. Die Versuche konnten im Sinne einer Pilotstudie die generelle Eignung der Methode belegen, ohne den Anspruch auf statistisch abgesicherte Datensätze zu erheben.

## 5 Synopsis

Die Komplexität der vorgelegten Arbeit resultierte nicht zuletzt aus den vielfältigen Vernetzungen und Interdependenzen einzelner untersuchter Felder mit anderen zunächst weniger relevant erscheinenden Parameter. Im Verlauf der Arbeiten zeigte sich jedoch, daß die isolierte Betrachtung einzelner Aspekte bestimmte Fragestellungen nicht hinlänglich beantwortete und bei der Bewertung von Steuerungsfaktoren wenig hilfreich war.

Der verfolgte breitgefächerte Ansatz bot zwar einerseits die Möglichkeit aus verschiedenen Blickwinkeln die Ausgangsfragestellung zu bearbeiten und zu betrachten, andererseits zwang die Fülle an Aspekten die Intensität für die einzelnen Teilaspekte auf ein im gesteckten Arbeitsrahmen handhabbares Maß zu reduzieren. Angesichts des skizzierten Dilemmas muß die vorliegende Arbeit als Ergebnis dieser Gratwanderung verstanden werden.

Neben interessanten Ergebnissen zu bestimmten Einzelaspekten bleibt zu hoffen, an verschiedenen Stellen die Stoßrichtung zukünftiger Forschungsarbeiten angerissen und damit zu einer ökologischen Betrachtungsweise dynamischer Prozesse innerhalb von Riffgemeinschaften beigetragen zu haben.

### 5.1 Abschlußbetrachtung

Natürliche Absterbe- und Wiederbesiedlungsraten sind ausschlaggebende Kenngrößen der Populationsdynamik riffbildender Korallenbestände. Von entscheidender Bedeutung hierbei sind die Steuerfaktoren während und nach der Ansiedlung von Steinkorallen (CONNELL 1973, 1985; HARRISON & WALLACE 1990). Während zahlreiche Arbeiten vor allem abiogene Faktoren als maßgeblich strukturbildend bei der Neuansiedlung von Korallenlarven auswiesen, (z.B. COLES 1984, ROBERTS ET AL 1991) konnten einige Untersuchungen die Bedeutung biogener Steuerungsfaktoren belegen, die im Einzelfall die abiogenen Restriktionen sogar überlagerten (z.B. VAN DEN HOEK & BREEMANN 1978, CARLTON & SAMMARCO 1987, SAMMARCO 1996).

Während der Einfluß der Ichthyofauna vornehmlich unter dem Aspekt der Bioerosion bearbeitet wurde (z.B. FRYDL & STEARN 1978) wurden andere Weidegänger, primär als nicht signifikante Erodierer eingestuft (z. B. Acanthuridae) und vornehmlich unter trophischem Aspekt des Biomasseumsatzes in Riffsystemen betrachtet (vgl. BRUGGEMANN 1994).

Die Ergebnisse und Beobachtungen der vorgelegten Untersuchung weisen jedoch deutlich auf die prägende Wirkung weidender Fische bei der Riffstrukturierung über die Steuerung der Neuansiedlung von Steinkorallenlarven hin (vgl. ENDEAN 1976; VAN TREECK et al. 1996).



In folgenden Kapitel werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Relevanz für die Betrachtung des „Gesamtsystems Korallenriff“ zusammengefaßt. Synökologische Interdependenzen werden untersucht sowie die daraus resultierenden Konsequenzen abgeleitet.

## **5.2 Zur Bedeutung des Steuerungsfaktors "Beweidung" auf die Ausprägung von Korallengemeinschaften**

Synökologische Beziehungen von zwei oder mehr Arten können definiert werden als Einfluß einer Art auf mindestens eine Phase des Lebenszyklus der anderen. Dieser Einfluß kann sowohl unterstützend (z.B. Mutualismus) oder aber auch schädigend im Sinne von Praedation oder Konkurrenz um bestimmte Ressourcen sein. Während direkte Erscheinungsformen synökologischer Interaktionen in der Regel augenfällig sind, existieren in komplexen Systemen vielfach subtilere Beziehungen, die z.T. schwer erkennbar und zudem oft nicht ohne weiteres dem richtigen Agens zuzuordnen sind. Dennoch sind es zuweilen gerade diese Interaktionen, die bestimmte Gemeinschaften prägen (vgl. BIRKELAND 1988; SAMMARCO 1996).

Das Phänomen "Beweidung", welches sowohl ein bestimmtes Verhalten, als auch hierdurch verursachte Prozesse umschreibt, ist ein gutes Beispiel für solch einen subtilen Faktorenkomplex, der maßgeblich die Struktur von Riffgemeinschaften mitbestimmt (HATCHER 1983; HAY 1984; LEWIS 1986).

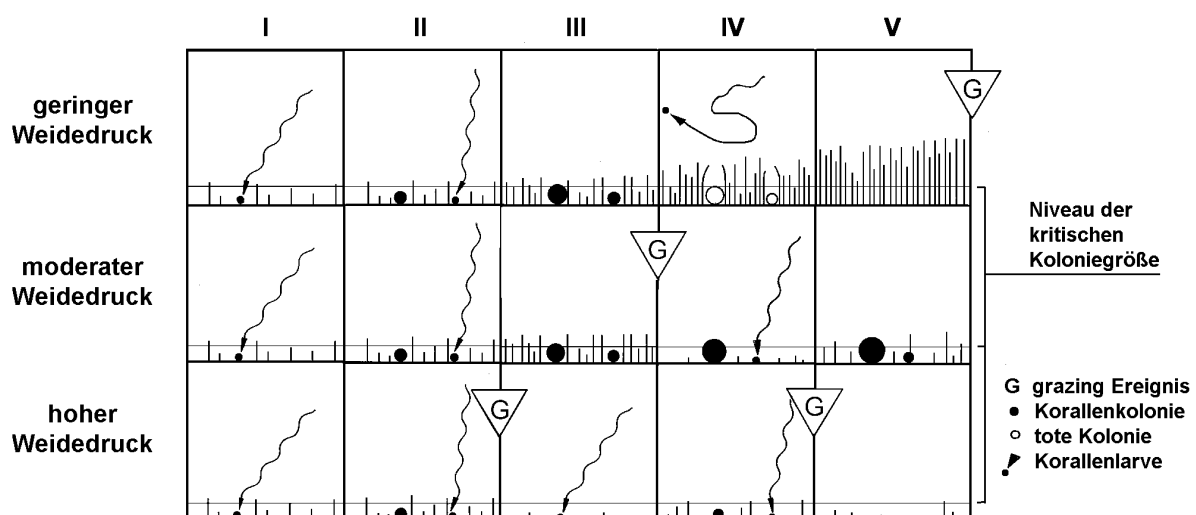
Beweidung ist unabdingbar für die Bereitstellung freier Siedlungsflächen für Korallenlarven und andere benthische Siedler mit larvalen Verbreitungsstadien (z. B. OGDEN & LOBEL 1978). Der steuernde Einfluss von Weidegängern wurde im Zuge des Massensterbens der Diademseeigel (*Diadema antillarum*) 1983 in der Karibik beispielhaft dokumentiert (z.B. HUGHES et al. 1987, LESSIOS 1995). Durch das Verschwinden der wichtigsten herbivoren Spezies wurde dem Algenwachstum kein Regulativ mehr entgegengesetzt. Freiflächen zur Neuansiedlung von Korallenlarven fehlten und ehemalige Riffstandorte verwandelten sich in wenigen Monaten zu Algen-dominierten Gemeinschaften (vgl. SMITH et al. 2001). Im Gegensatz hierzu werden bei hohen Weideintensitäten junge Kolonien quasi zufällig mit dem abgeweideten Aufwuchs entfernt bevor die kritische Koloniegröße erreicht werden kann. Die Wirkungsweise von Seeigeln und Fischen als Weidegänger auf die Korallenansiedlung ist identisch. Diese Beobachtungen sind um so bemerkenswerter als juvenile Korallen nicht zum Nahrungsspektrum der obligat herbivoren Seeigel und Fischen zählen.

Bei Seeigeln wurde Praedation von Korallengewebe beschrieben (BAK & VAN EYS 1975), in wie weit hier Artefakte eine Rolle spielen bleibt unklar. Die weidenden Fische sind, mit Ausnahme einiger Scaridae, obligat herbivor. Acanthuriden, Pomacentriden und Siganiden sind im Gegensatz zu Scariden auch juvenil bereits herbivor (BELLWOOD 1988, MONTGOMERY et al. 1989, CHOAT & BELLWOOD 1985, 1991).

Keine der Acanthuriden-Arten wurde bislang als corallivor beschrieben. Möglicherweise wurde deshalb ihr Einfluss auf juvenile Steinkorallen bislang übersehen. Die vorliegenden Ergebnisse belegen, daß neben den einschlägig bekannten Bioerodierern wie Scariden auch "Substratabbürster" – sogenannte Browser - wie beispielsweise Acanthuriden maßgeblich zum Weidedruck auf Riffgemeinschaften und Bioerosion von Riffkörpern im Untersuchungsgebiet bei Aqaba beitragen (vgl. NEUDECKER 1977, MORRISON 1988).

### 5.2.1 Moderate Weideintensität als Schlüssel für den Ansiedlungserfolg

Betrachtet man einen bestimmten Punkt auf einer Substratfläche, so definiert sich die Intensität des Weidedrucks über die Frequenz der Beweidung. Die Zeitspanne zwischen zwei Weideereignissen markiert das Zeitfenster, in welchem potentiell eine Besiedlung durch benthische Organismen stattfinden kann. Ein geeignetes Zeitfenster für die erfolgreiche Neuansiedlung einer Steinkoralle sollte klein genug sein, um ein Überwachsen durch Algen unmöglich zu machen und groß genug sein, um der Koralle selbst die Möglichkeit zu geben, die kritische Größe, ab der ein zufälliges Mitgefressenwerden unwahrscheinlich wird, zu erreichen.



**Abbildung 69:** Schematische Darstellung der Besiedlung einer Rifffläche durch Steinkorallen und Algen unter verschiedenen Weideintensitäten. (Aufwuchsalgen als vertikale Schraffur stilisiert), (verändert nach VAN TREECK 1998).

Abb. 68 zeigt die Sukzession einer Freifläche bei unterschiedlichen Weideintensitäten. Die erste Zeile zeigt Entwicklungsstadien einer Lokalität mit sehr geringen Weideintensitäten. Dieses mag als Modell für die Situation in der Karibik nach dem Massensterben der Diademseeigel dienen. Letztendlich überwachsen die Algen die jungen Korallenkolonien (Spalte V) (vgl. OGDEN & LOBEL 1978, LIDDLE & OHLHORST 1986).

Die zweite Zeile zeigt eine Situation mit moderaten Weideintensitäten. Die Frequenz der Beweidung erlaubt den jungen Korallen die kritische Größe zu erreichen. Das nächste Weideereignis unterstützt die bereits angesiedelte Kolonie, indem die

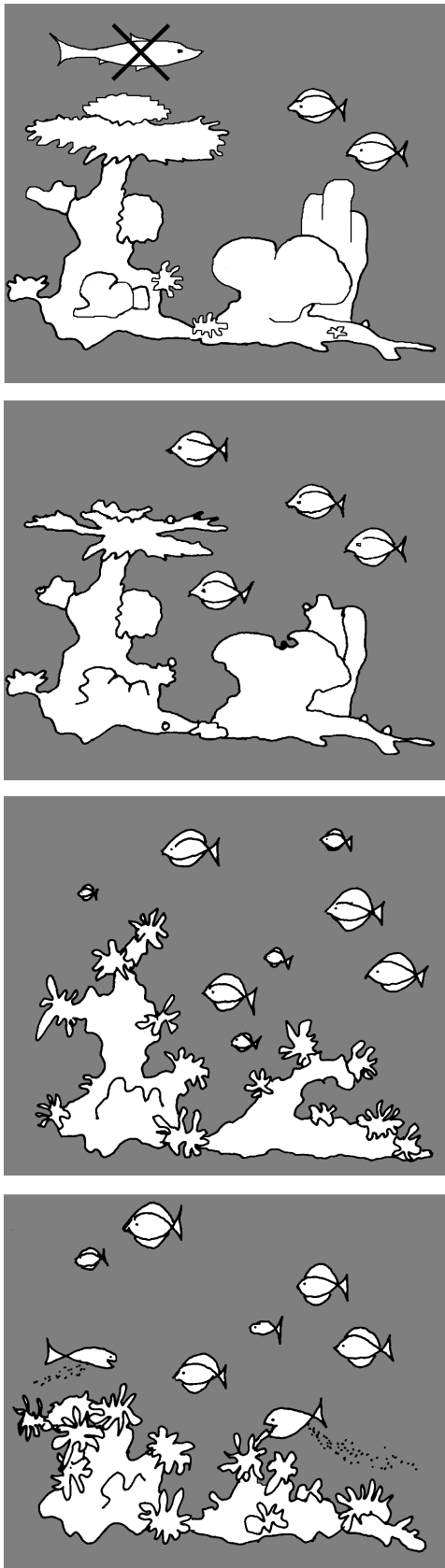
Aufwuchsalgen kurz gehalten werden. Die ganz jungen Kolonien werden in diesem Stadium zwar immer noch mit abgefressen, die älteren jedoch profitieren von dieser Freihaltung durch die Weidegänger.

Die letzte Zeile zeigt eine Situation mit sehr hohen Weideaktivitäten. Alle neu angesiedelten Korallen werden beim nächsten Weideereignis mit abgefressen. Riffgebiete, für die dieses Modell zutrifft, mögen hoch produktiv sein – allerdings können Steinkorallen sich in diesen Gebieten nicht über Larven vermehren. Fragmentation mag daher der Fortpflanzungs-Mechanismus der Wahl in diesen Riffarealen sein (HIGHSMITH 1982). Die Intensität der Beweidung allein entscheidet, ob dieser Steuerungsfaktor förderlich oder hemmend auf die Wiederbesiedlung durch Korallenlarven einwirkt (vgl. GLYNN 1996). Generelle Aussagen wie von OGDEN & LOBEL (1978) oder MCCLANAHAN (1995) übersehen den ambivalenten Charakter der Beweidung.

Wir schließen aus den bisherigen Überlegungen, daß der Habitus eines Korallenriffes als Produkt zu verstehen ist, maßgeblich geprägt aus der Fähigkeit von Korallen an einem bestimmten Platz zu siedeln und der Einflußnahme von Beweidung auf das betreffende Riffgebiet.

### **5.2.2 Prägung von Korallengemeinschaften durch Beweidung**

Die Beispiele des vorangehenden Abschnittes mögen die Eckpunkte eines Spektrums markieren, in welches sich natürliche Riffsituationen einordnen lassen. Die strenge ja/nein Dichotomie wird in diesem Abschnitt um eine subtilere Hypothese ergänzt, die möglicherweise als Erklärungsansatz dienen könnte, wie kleinere Begünstigungen oder Benachteiligungen bestimmter Korallenarten langfristig das Erscheinungsbild ganzer Korallengemeinschaften verändern kann. Wie bereits angesprochen umfaßt Beweidung von Korallenriffen die Aspekte der Algenentfernung und damit der Aufnahme von Korallenbrut als auch die Erosion von Karbonatsubstraten und somit die Produktion von Sedimenten und Modifikation der Rifftopographie. All diese Facetten sind über Interdependenzen miteinander verknüpft. Unter der Annahme, daß Beweidung und zufällige Aufnahme von Jungkorallen nicht selektiv ist, kann angenommen werden, daß Arten mit hohen Nachkommenzahlen (r-Strategen) begünstigt werden. Die Lebenszyklen von r-Strategen unter den Korallen sind in der Regel kürzer als die von K-Strategen, so daß ihre Skelette mit großer Regelmäßigkeit der Bioerosion ausgesetzt werden. Darüber hinaus sind die meisten der opportunistischen r-selektierten Korallen verzweigte Arten die große Oberflächen ausbilden und damit der Bioerosion breite Angriffsflächen bieten. Wenn gleich die Kalkakkumulationsrate dieser Korallen vergleichsweise hoch ist, so ist ebenfalls die Bioerosion der Skelette als hoch anzusehen. Auf lange Sicht würde eine Korallengemeinschaft bestehend aus schnellwüchsigen r-Strategen zu einer egalisierten Rifftopographie führen (vgl. MILLER 1982). Stabile raumgreifende Strukturen, die differenzierte abiotische Gradienten generieren und somit eine Vielzahl unterschiedlicher Habitats für diverse



**Abbildung 70:** Hypothetisches Szenario der Veränderung einer Korallengemeinschaft in Folge einer Veränderung der Ichthyofauna (verändert nach VAN TREECK et al. 1996)

Riffgemeinschaften schaffen, könnten selten werden. Der Grad an Beweidung, der als förderlich für eine Korallenriffgemeinschaft angesehen werden kann, scheint sich innerhalb enger Grenzen zu bewegen. Wenn gleich Abweichungen von diesem Optimum nicht zwangsläufig in Totalverlusten münden müssen sind dennoch mit der Zeit dramatische Veränderungen der Gemeinschaftsstruktur zu erwarten. Ein hypothetisches Szenario soll diese Überlegungen illustrieren:

In einer fiktiven Riffgemeinschaft bricht die Praedatoren-Gilde der Fische zusammen. (Unabhängig davon, ob der Zusammenbruch natürliche Ursachen hat oder anthropogen induziert ist beispielsweise durch selektive Fischerei auf Top-Räuber)

Unter der Annahme, daß der Rückgang der Raubfische zu einem Anstieg der Weidegängerpopulation führt wird sich dieses Ereignis nicht nur in erhöhten Weideintensitäten niederschlagen, sondern gleichfalls die r-selektierten Opportunisten unter den Steinkorallen (z.B. Gattungen *Stylophora*, *Pocillopora* und *Acropora*) fördern. Damit wäre langfristig auch die Gemeinschaftsstruktur der Steinkorallen betroffen.

Nimmt man darüber hinaus an, daß die Skelette der verzweigten Korallenarten der Bioerosion weniger Widerstand entgegensetzen als massive Wuchsformen, wäre langfristig die Stabilität des Riffgerüstwerkes, das Karbonatbudget und damit das Riffwachstumspotential betroffen.

Den Einfluss des oben beschriebenen Faktorenkomplexes auf die Ausprägung eines rezenten Riffes ist nicht so ohne weiteres vom Erscheinungsbild selbst abzuleiten. Es scheint jedoch sehr wahrscheinlich, daß bislang weit verbreitete Standard-Parameter zur Bewertung des Gesundheitszustandes eines Riffes (z.B.

der Bedeckungsgrad mit lebenden Steinkorallen, z.B. BROWN (1988)) ungeeignet sind, kritische Zustände anzuzeigen. Der Gesundheitszustand eines Riffes (im Sinne des Potentials zumindest mittelfristig zu Überdauern) steht und fällt mit der Fähigkeit dauerhaft Karbonat in Gerüstwerk festzulegen. Angesichts des zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs kommt diesem Aspekt neben der biologischen auch eine sehr praktische Bedeutung zu.

### 5.3 Korallenriffe - Regenwälder oder Savannen der Meere ?

Die Beweidung von Riffsubstraten durch Herbivore scheint einer der biogenen Schlüsselfaktoren für die Ausprägung von Korallenriffgemeinschaften zu sein. Diese starke Abhängigkeit mag nicht für alle Riffstandorte zutreffen, scheint jedoch weit größere Bedeutung zu haben als bislang angenommen.

Folgt man dieser These ist es naheliegend, bisher oft kolportierte Analogien von Korallenriffen mit anderen hoch biodiversen terrestrischen Systemen neu zu bewerten.

Mit Blick auf ihre phylogenetische Diversität wurden Korallenriffe oft als "Regenwälder der Meere" bezeichnet. Betrachtet man Korallenriffe jedoch im Hinblick auf prägende Steuerungsfaktoren, so ergibt sich eine neue Sichtweise.

Hermatypische Steinkorallen besetzen zweifellos den Platz der aspektbildenden Leitarten. Die Dominanz dieser Leitorganismen kommt jedoch nur dann zur Ausprägung, wenn andere Organismen, (im Fall der Korallenriffe Herbivore), durch wohl dosierte Steuerung für die Persistenz dieser Leitorganismen sorgen. Im Gegensatz hierzu würden tropische Regenwälder aller Wahrscheinlichkeit nach auch langfristig noch wie ein Regenwald oder zumindest wie ein Wald aussehen, wenn man die Weidegänger aus dem System entfernte.<sup>1</sup>

An diesem Punkt wird die Analogie schwierig da ähnliches von Korallenriffen nicht erwartet werden kann. Das Statement von VAN DEN HOEK (1978) „No reefs without herbivory“ müssten wir nach unseren bisherigen Erfahrungen um „No growing reefs with too much herbivory“ ergänzen.

Folgen wir weiter der Hypothese einer über Beweidung kontrollierten Riffgemeinschaft sollte man nach Analogien zu anderen, von Herbivoren geprägten Systemen suchen. Beispiele aus dem terrestrischen Bereich sind die Savannen und Heideformationen, die zwar in Bezug auf ihre Diversität nicht mit Regenwäldern konkurrieren können (was Riffe nach dem heutigen Erkenntnisstand in absoluten Zahlen ebenfalls nicht können, (DONE et al. 1996)), aber gleichfalls maßgeblich durch Herbivore, in diesem Falle Großsäuger, geprägt sind (VAN DE KOPPEL & PRINS 1998, WATKINSON & ORMEROD 2001)<sup>2</sup>, (siehe auch SINCLAIR & ARCESE 1995).

---

<sup>1</sup> Die komplexe Fortpflanzungsbiologie tropischer Baumarten wird nicht übersehen, die Argumentation folgt ausschließlich der Frage, ob der Wald immer noch Wald wäre.

<sup>2</sup> Ob Beweidung oder Feuer für die primäre Etablierung von Savannensystemen verantwortlich sind, wird hier nicht weiter betrachtet. Beide Faktoren tragen zur Stabilisierung der Savannensysteme bei.

Aus dem Blickwinkel der Funktion von Organismen innerhalb eines Systems sollten Korallenriffe besser mit Savannen oder Heiden verglichen werden. Eine Savanne definiert sich als "tropische Vegetationsformation bestehend im wesentlichen aus Grasarten und wenigen Bäumen." (BEGON et al. 1990) Weiterhin heißt es zu Savannen: "die Bedeutung des Klimas für die Ausprägung dieser Vegetation ist nahezu maskiert durch den Einfluß von weidenden Herbivoren". Auch hierzu lassen sich erstaunliche Analogien zu Korallenriffen ausmachen.

Die Heiden Europas sind weitere Beispiele für durch Beweidung induzierte Gemeinschaften. Im Gegensatz zu Savannen sind Heiden jedoch durch den Fraß von Weidevieh geformt und damit als anthropogene Bildung einzustufen.

Betrachtet man traditionelle Fischereimethoden (z.B. selektive Leinenfischerei auf Top- Räuber) und postuliert die bereits beschriebenen Auswirkungen auf die Riffgemeinschaft könnten viele der rezenten Riffe als "Heiden" der Meere beschrieben werden.

Der Vergleich von Korallenriffen mit Heiden oder Savannen mag angesichts ihrer überwältigenden Artenfülle konstruiert erscheinen, beschreibt jedoch ungleich besser als das Regenwaldparadigma die funktionellen Interdependenzen, die die Gemeinschaft in der jeweiligen charakteristischen Prägung erhalten. Unabhängig von den hoch interessanten theoretischen Konsequenzen und das veränderte Blickfeld bei der Betrachtung von Korallenriffen dürften eine Reihe von Auswirkungen auf Managementkonzept und andere praktische Ansätze zu erwarten sein.

### ***Relevanz der Ergebnisse für die Therapien und Managementmaßnahmen für geschädigte Riffe***

Angesichts des kritischen Zustandes vieler rezenter Riffgemeinschaften sollten die oben ausgeführten Überlegungen bei der Etablierung möglicher Renaturierungsmaßnahmen berücksichtigt werden. In degradierten Riffgebieten, in denen trotz ausreichender Larvendrift keine spontane Wiederbesiedlung zu beobachten ist, sollten Studien die Populationsdichten der Weidegänger kontrollieren (vgl. DONE 1995). Im Falle krasser Missverhältnisse könnten fischereiliche Maßnahmen möglicherweise eine positive Wirkung auf die Wiederbesiedlungsbilanz haben.

Im Rückgriff auf das Savannenbeispiel macht es aus ökologischer Sicht wahrscheinlich mehr Sinn (falls erforderlich) die Elefantenpopulation zu kontrollieren als Schirmakazien und Steppengräser zu pflanzen. Zurück zu den Riffen wäre die Rehabilitation der komplexen physischen Riffstruktur mit Versteckmöglichkeiten für standorttreue Lauerjäger (z.B. Zackenbarsche) eventuell schon ausreichend, um eine natürliche Bestandserholung der Korallengemeinschaften zu initiieren. Geschädigte Riffstandorte, an denen diese These experimentell überprüft werden könnte, sind heute bedauerlicherweise in großem Umfang verfügbar.

## 6 Zusammenfassung

Das Ausbreitungs- und Wiederbesiedlungspotential ist neben der Regenerationsfähigkeit von Kolonieresten der Schlüssel für die Persistenz von Korallengemeinschaften. Ausgehend von Arbeiten zur Wiederbesiedlung von künstlichen Riffstrukturen von SCHUHMACHER (1973, 1974, 1977, 1988) im nördlichen Roten Meer wurden die Ansiedlungsbedingungen von Steinkorallen und anderen Pioniersiedlern im Hinblick auf abiogene und biogene Steuerungsfaktoren vergleichend *in situ* auf konventionellen und elektrochemisch erzeugten Substraten untersucht.

In einem Riffareal bei Aqaba (Jordanien) wurden in 10 und 20 m Wassertiefe Experimentieraufbauten zur simultanen Exposition unterschiedlicher Substrate installiert. Neben quasi-natürlichen Substraten (gesägte Platten aus dem Skelett der Steinkoralle *Favia fava*) kamen auch künstliche Besiedlungsplatten aus Beton zum Einsatz. Die Expositionsgestelle erlaubten sowohl die vertikale als auch die horizontale Exposition der Substrate. Alle Platten konnten auf der belichteten Oberseite als auch auf der beschatteten Unterseite besiedelt werden.

Auf den selben Tiefenstufen wurden außerdem jeweils drei zylindrische Testkörper (Maschendrahtgitter mit elektrochemischem Präzipitat) zur Besiedlung exponiert. Die simultane Exposition verschiedener Substrattypen entlang abiotischer Gradienten erlaubte, die Entwicklung von Proto-Riffgemeinschaften vergleichend zu verfolgen.

Neben dem bekannten Steuerungspotential weidender Diademseeigel, dem bereits mit dem Versuchsaufbau begegnet wurde, stellte sich das Fraßverhalten herbivorer Fische als unerwartete Komplikation bei der Entwicklung der Besiedlergemeinschaften heraus. Über die zeitliche Verlängerung der Neuansiedlung hinaus erwies sich der Weidedruck als tiefgreifende Einflußgröße für die Strukturierung der Steinkorallenzönose und damit für viele riffökologische Schlüsselprozesse. Die Analyse des Fischeinflusses und hierdurch gesteuerter Schlüsselprozesse ergänzte den bereits bearbeiteten Faktorenkatalog.

Der Brückenschlag von der Grundlagenforschung zu angewandten Fragestellungen wurde über die Verwendung der elektrochemischen Akkretionstechnologie zur Transplantation von Steinkorallenfragmenten umgesetzt.

Im Rahmen dieses breit angelegten Ansatzes wurden Ergebnisse methodischer, ökologischer und theoretischer Natur erarbeitet. Der erste Teilbereich umfasst methodisch-technische Ergebnisse zu Aspekten

- der elektrochemischen Mineralakkretion:

Ausgehend von den Angaben und Berichten zur Versuchsreihe Symarc aus dem Mittelmeer wurde das Design und die verwendeten Materialien verbessert (vgl. BUBNER et al. 1988; MEYER & SCHUHMACHER 1993; SCHUHMACHER &

SCHILLAK 1994). Unterschiedliche Versuchsaufbauten, Kathoden-Designs, Anodenmaterialien und Stromregime wurden getestet und optimiert. Schrittweise konnten diverse technische Neuerungen in Bezug auf die Auslegung von Bauteilen entwickelt werden. Für einen Anoden- Anschluß, der die Handhabbarkeit erheblich vereinfachte, wurde ein Patentschutz beantragt.

- der Transplantation von lebenden Steinkorallen:

Die elektrochemische Mineralakkretion wurde erstmalig zur Transplantation von kleinen Steinkorallenfragmenten simultan zur Bestromung eingesetzt. Auf vier Testflächen in 1, 6, 12 und 18 m Tiefe wurden insgesamt 400 Steinkorallenfragmente von sechs ausgewählten Arten transplantiert.

Die Fragmente von *Acropora variabilis*, *Acropora squarrosa*, *Stylophora pistillata*, *Pavona varians* und *Montipora monasteriata* zeigten bis zum Versuchsende durchschnittliche Überlebensraten von ca. 70 % und belegten die prinzipielle Eignung dieser Arten für diese Transplantationsmethode. Die Pionierform *Pocillopra damicornis* reagierte unerwartet sensibel auf die Fragmentation und anschließende Transplantation und ist mit der verwendeten Technik nicht zu transplantieren. Unterschiede auf den einzelnen Tiefenstufen resultierten möglicherweise aus unterschiedlichen hydraulischen Belastungen. Komplikationen ergaben sich durch den partiellen Befall der Transplantate durch die corallivore Schnecke *Drupella cornus* (vgl. SCHUHMACHER 1992) .

- der Messung von biogenem Abtrag von Korallenkalksubstraten:

Es wurde eine Messapparatur entwickelt, die Messung des biogenen Abtrags von der Ober- und Unterseite der Versuchssubstrate erlaubte. Diese Differenzierung ergab deutliche Hinweise auf die Abhängigkeit von Weidedruck, Orientierung der Substrate, Belichtung und Bathymetrie.

- der Überwachung von Weideaktivität über den Versuchssubstraten mittels Zeitraffer- Videokamera.

Die möglichst lückenlose Überwachung des Weidegeschehens auf den Versuchssubstraten stellte ein methodisches Problem dar, welches über in situ Beobachtungen mit entsprechend langen Tauchzeiten nicht gelöst werden konnte. In Zusammenarbeit mit der Elektronikwerkstatt der Universität Essen wurde eine Intervallschaltung für eine UW- Videokamera entwickelt. Die Aufzeichnungen mittels einer Zeitraffervideokamera ermöglichte sowohl die Intensität als auch die Artenzusammensetzung der weidende Fische zu dokumentieren.



Der zweite Teilbereich beinhaltet freilandökologische Ergebnisse zu den Aspekten

- der räumlichen und zeitlichen Muster der Besiedlung von unterschiedlichen simultan exponierten Substratplatten durch Steinkorallen und anderes Riffbenthos.

Das Arteninventar der Aufwuchsgemeinschaften von 126 Substratplatten wurde bestimmt und anhand von Sammeltaxa digital kartiert. Mit Hilfe eines Bildanalyse-Systems konnten die Flächenanteile der einzelnen Taxa quantifiziert werden. Ähnlichkeiten und Unterschiede der benthischen Gemeinschaften wurden anhand von Dominanzidentitätsberechnung analysiert und in Bezug zu biogenen und abiogenen Parametern gestellt. Die beschatteten Substratflächen waren durchweg dichter und artenreicher besiedelt als die belichteten Plattenseiten. Vertikal orientierte Flächen wiesen stärkere Besiedlung auf als horizontal orientierte.

Sowohl die Betonplatten als auch die Korallenskelettsubstrate wurden während des Untersuchungszeitraums nur von wenigen Steinkorallen besiedelt.

- der räumlichen und zeitlichen Muster der Besiedlung von elektrochemisch erzeugten Substratflächen durch Steinkorallen.

Die Entwicklung von Steinkorallengemeinschaften auf den elektrochemisch erzeugten Substraten über die Expositionszeit wurde untersucht und im Hinblick auf biogene und abiotische Steuerungsfaktoren diskutiert.

Im Vergleich zu den Substratplatten wiesen die EES- Zylinder nach 3,5 Jahren Expositionszeit eine vergleichsweise dichte Besiedlung mit Steinkorallen auf. Auf den sechs Testzylindern konnten insgesamt 532 Korallenkolonien aus 19 Arten bzw. höheren Taxa nachgewiesen werden. Die Testzylinder aus 10 m Tiefe waren mit 462 Korallenkolonien dichter besiedelt als die Zylinder aus 20 m Tiefe die lediglich von 70 Korallenkolonien besiedelt waren. *Stylophora pistillata* machte mit 57 % den Hauptanteil an der gesamten Korallenbesiedlung auf den EES-Zylindern aus. Der untere, weitgehend beschattete Sektor der Zylinderaußenseiten wies bei allen Zylindern die dichteste Besiedlung auf. Die Zylinderoberseiten zeigten die geringsten Besiedlungsdichten. Dieser Befund sowie die auffälligen Bioerosionsspuren wurden als Indiz für den prägenden Einfluss von Fischfraß als Steuerungsfaktor gewertet.

- der räumlichen und zeitlichen Muster der Besiedlung von elektrochemisch erzeugten Substraten durch Bryozoen

Bryozoen waren aspektbildende Elemente der Pioniergemeinschaften auf den Versuchssubstraten. Das Larvenangebot der Bryozoenfauna im Untersuchungsgebiet wurde mit Hilfe von speziellen Muschelsubstraten erfasst. Es wurden 45 Arten bzw. höhere Taxa nachgewiesen. Anhand

von Proben, die regelmäßig aus den EES- Zylindern entnommen wurden, wurden die räumlichen und zeitlichen Muster der Besiedlung untersucht. Die höchsten Flächenanteile an der Bryozoenbesiedlung stellten die Arten *Celleporaria aperta*, *Celleporina spec.* sowie Arten der Gattung *Parasmittina* und *Rhynchozoon*. Die diverseste Bryozoenbesiedlung etablierte sich auf den Innenseiten im oberen Sektor der EES- Zylinder sowie auf den Außenflächen im Bereich des unteren Sektors. Das Verteilungsmuster der Bryozoen gleicht damit dem der Steinkorallen und wird im wesentlichen ebenfalls durch den Steuerungsfaktor Beweidung kontrolliert.

- der Weideaktivität herbivorer Fische auf den Versuchssubstraten

Die Weideaktivität herbivorer Fische auf den Versuchssubstraten wurde mittels UW- Videokamera dokumentiert und quantifiziert. 13 Fischarten aus 8 Familien beweideten die Versuchssubstrate. Die Hauptweideaktivität fand in den Nachmittagsstunden statt. Dieses generelle Muster wird in Zusammenhang mit dem Nährstoffgehalt der Aufwuchsalgen begründet (vgl. CHOAT & CLEMENTS 1993, BRUGGEMANN 1994).

Zeitliche Muster und Substratpräferenzen einzelner Fischarten konnten differenziert betrachtet werden. Die semi- natürlichen EES- Substrate wurden im Vergleich zu Korallenskelett und Betonsubstraten intensiver beweidet. Substratpräferenzen einzelner Fischfamilien und andere spezifische Muster wurden dargestellt und diskutiert. Große Scaridae, als „klassische“ Bioerodierer wurden nicht fressend an den Versuchssubstraten angetroffen. Die Ergebnisse belegen, dass die Steuerung von Wiederbesiedlungsprozessen maßgeblich durch Weideaktivität kleiner, substratabbürstender Arten beeinflusst wird.

- der Bioerosion von Versuchssubstraten durch herbivore Fische

Die Bioerosion von Versuchssubstraten durch herbivore Fische über den Versuchszeitraum wurde für die untersuchten Tiefenstufen und Substratorientierungen getrennt quantifiziert und vergleichend diskutiert. Nachdem über die Zeitraffervideoaufnahmen nachgewiesen werden konnte, welche Arten den Hauptteil des Weidedruckes verursachen, konnte der Einfluß über die Messung der Bioerosionsraten quantifiziert werden. Von den horizontal exponierten Flächen der Korallenskelettsubstrate wurden innerhalb von 3, 5 Jahren bis zu 9,5 mm Material erodiert. Von den vertikalen Flächen wurden maximal 5,7 mm abgetragen.

Die Hochrechnung dieser Abtragsraten auf  $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$  ergab für die horizontal ausgerichteten, belichteten Substratplatten aus 10 m Tiefe

einen biogenen Abtrag durch Fische von ca. 3500g, für die Platten aus 20m Tiefe sogar 3800g m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>.

Die gemessenen Werte wurden auf die Bedingungen im untersuchten Riffareal hochgerechnet und mit einschlägigen Daten zur Karbonatproduktion aus dem selben Riffareal verglichen. Hierbei ergaben sich Bioerosionsraten von 2,2kg in 10m Tiefe und 2,4 kg pro m<sup>2</sup> a<sup>-1</sup> in 20 m Tiefe. Auf der Basis dieser Daten wurde ein Karbonatbudget für das Riffareal bei Aqaba erstellt.

Die Bioerosionsraten durch Fische reicht in der betrachteten Tiefenstufe -20 m bereits an die Angaben zur Karbonatproduktion heran. Summiert man die Daten zur Bioerosion durch *Diadema setosum* mit den Werten zur Bioerosion durch Fische ergibt sich auch für die Tiefenstufe -10m eine negative Karbonatbilanz.

Dieser Hinweis auf eine möglicherweise negative Karbonatbilanz ist um so bemerkenswerter, als das Untersuchungsgebiet auch in 20m Tiefe noch eine Lebendbedeckung von 37 % aufweist. Lebendbedeckungen von fast 40 % gelten allgemein als unauffällig und werden als unkritisch bewertet.

Die Ergebnisse belegen, dass anhand von Daten zur Lebendbedeckung allein keine verlässlichen Aussagen über das Wachstumspotential von Korallenriffen gemacht werden können.

Der dritte Teilbereich stellt die freilandökologischen Ergebnisse in einen gesamtökologischen und theoretischen Zusammenhang. Die ermittelten Einzelbefunde wurden im Hinblick auf ihre Bedeutung für das „Gesamtsystem Korallenriff“ betrachtet.

- Die prominente Rolle des Steuerungsfaktors Beweidung für die Wiederbesiedlung von Riffflächen wurde im Hinblick auf seine Wirkung auf den unterschiedlichen Systemebenen diskutiert.
- Auf der Basis der Befunde wurden die Interdependenzen abiotischer Gradienten mit dem Faktor Beweidung diskutiert. Theoretische Überlegungen zur Bewertung dieses wichtigen Steuerungsfaktors wurden diskutiert und die Relevanz dieser Überlegungen bei der Betrachtung rezenter Korallenriffe aufgezeigt.
- Eine Hypothese zur Betrachtung von Korallenriffen als "Weidegänger- geprägte" Gemeinschaften wurde formuliert.
- Konsequenzen für die Konzeption aktiver Riffschutzmaßnahmen wurden abgeleitet.

## 7 Dank

Eine Arbeit wie die vorliegende kann nicht im Alleingang geplant und durchgeführt werden sondern sie ist das Produkt der Zusammenarbeit vieler Kollegen und Freunde, die durch zahlreiche Anregungen und Diskussionen, aber auch durch „entschlossenes Zupacken,“ maßgeblichen Anteil am Erfolg des Unterfangens haben.

Allen, die in den letzten Jahren zum Gelingen der Untersuchung beigetragen haben danke ich dafür herzlich. Die nachfolgende Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und die Reihenfolge der Nennung ist auch nicht als Wertung zu verstehen. Namentlich nicht genannte Personen mögen mir dies nachsehen.

Herrn Prof. Dr. Helmut Schuhmacher, Universität Essen, danke ich für das Vertrauen und den großen Gestaltungsspielraum der mir bei der Umsetzung der Fragestellung gewährt wurde. Seine Begeisterung und sein Engagement für die Thematik sowie die stete Bereitschaft mit Rat und konstruktiver Kritik aktiv zum Gelingen beizutragen, war mir wichtiger Rückhalt speziell in schwierigen Phasen der Bearbeitung. Sie haben im strengen Wortsinn Ihre Aufgabe als „Doktorvater“ sowohl wissenschaftlich als auch darüber hinaus vorbildlich erfüllt.

Die ausgedehnten Feldarbeiten mit mehr als 1,5 Jahren vor Ort sind nur in einem funktionierenden Team möglich. Mein besonderer Dank gilt meinem Freund, Kollegen und Tauchpartner Markus Paster, der über die Jahre mit beispielhaftem Einsatz alle Höhen und Tiefen mit mir durchlebt und geteilt hat. Ohne Markus Paster wären die aufwendigen Experimente nicht realisierbar gewesen. Seine Begeisterung für die gesteckte Aufgabe, ausgezeichnete technische und taucherische Fähigkeiten zusammen mit uneingeschränkter Integrität bildeten einen Pfeiler auf dem ein guter Anteil an der vorliegenden Arbeit sicher ruhen konnte. Dafür meinen herzlichen Dank.

Das Team der Feldaufenthalte wurde vervollständigt durch Dr. Götz Reinicke, Lutz Kuhrau, Heike Kampmann, Dieter Kroll, Michael Torwesten und in der letzten Phase Michael Eisinger die ebenfalls als echte „Team- Spieler“ durch freundschaftliche und verlässliche Zusammenarbeit tatkräftig zur Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Andreas Müller und Stefan Tackmann danke ich für die Mitarbeit bei der Bildanalyse.

Frau Dr. Petra Podraza und Byongok Ahn danke ich für die Einführung in statistische Methoden und Hilfe bei der Kanoko-Analyse der Rohdaten.

Herrn Prof. Dr. Ristedt (Bonn) und Herrn Priv. Doz. Dr. Joachim Scholz (Frankfurt) danke ich für die Einarbeitung in die Taxonomie und Bestimmung von „Zweifelsfällen“ innerhalb der Bryozoa.

Den Wissenschaftlern, Freunden und Kollegen der Marine Science Station Aqaba danke ich für ihre "arabische Gastfreundschaft" sowie für die Unterstützung bei organisatorischen Problemen gedankt.

Die Luftbilder des Küstenbereiches rund um die Marine Science Station Aqaba wurden von der Jordanian Geographic Society freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Mr. Achmed Sharif danke ich für seine unbürokratische Kooperationsbereitschaft.

Die Dissertationsschrift profitierte von der sorgfältigen Durchsicht durch Dr. Götz Reinicke und Dr. Mario Sommerhäuser wofür ich mich ebenfalls herzlich bedanke.

Die Durchführung der Untersuchungen und Auslandsaufenthalte wurden von der DFG im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Biogene Sedimentation – Riffevolution“ in dankenswerter Weise unterstützt (Az. Schu 75/17-1-3).

Die Fertigstellung dieser Arbeit wurde durch ein Promotionsbeendigungsstipendium der Universität Essen ermöglicht.

Nicht zuletzt danke ich meiner Frau, die mit Geduld, Vertrauen und "sanftem" Druck mein Tun begleitet hat.

## 8 Bibliographie

- AHN B (1997) Zur Bedeutung der Substrattypen für Makroinvertebraten in naturnahen und ausgebauten Abschnitten von Tieflandbächen in NRW. Die Hierarchie verschiedener struktureller Betrachtungsebenen für die Fließgewässertypisierung. Dipl. - Arb. Dipl. Ökol. Universität Essen
- AL MOGHRABI S (1997) Bathymetric distribution of *Drupella cornus* and *Coralliophila violacea* in the Gulf of Aqaba (Jordan) Proc 8th Int Coral Reef Symp2:1345-1350
- ANATI D A (1980): A parametrisation of the geometry of sea strait. Oceanologica Acta 3: 395-397
- AUBERSON B (1982) Coral transplantation: An approach to reestablishment of damaged reefs. Kalikasan 11: 158-172
- Babcock R C (1985) Growth and mortality in juvenile corals (*Goniastrea*, *Platygyra*, *Acropora*) Proc. 5th Int. Coral Reef Symp. 4: 355-360
- Babcock R C (1988) Fine scale spatial and temporal patterns in coral settlement. Proc 6th Int Coral Reef Symp. 2: 635-639
- BAILEY- BROCK J (1989) Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters. Bull Mar Sci 44(2): 580-591
- BAK R P M & VAN EYS G (1975) Predation of the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi on living coral. Oecologia 20:111-115
- BAK R P M (1990) Patterns of echinoid bioerosion in two pacific coral reef lagoons. Mar Ecol Prog Ser 66:267-272
- Bak R P M (1994) Sea urchin bioerosion on coral reefs place in the carbonate budget and relevant variables. Coral Reefs 13 :99-103
- BEGON M ,HARPER J L & TOWNSEND C R (1990): Ecology- Individuals, Populations, Communities. Scientific Publications, Oxford.
- BELLWOOD D R (1988) Ontogenetic changes in the diet of eraly post settlement *Scarus* species (Pisces: Scaridae) J Fish Biology 33:213-219
- BELLWOOD D R & CHOAT JH (1990): A functional analysis of grazing in Parrotfishes (family Scaridae): the ecological implications.- Environment Biology of fishes, 28, 189-214
- BERQUIST P R (1978) Sponges. Hutchinson & Co Ltd, London, 268 S.
- BIRKELAND C (1976) An experimental method of studying corals during early stages of growth. Micronesia 12: 319-322
- BIRKELAND C, ROWLEY D & RANDALL R H (1981) Coral recritment patterns at Guam. Proc 4th Int Coral Reef Symp, Manila 2: 339-344
- BIRKELAND C (1988) Second order ecological aspects of nutrient input into coral communities. Galaxea 7: 91-100

- BOTHWELL A M (1981) Fragmentation , a means of asexual reproduction and dispersal in the coral genus *Acropora* (Scleractinia: Astrocoenida: Acroporidae) a preliminary report. Proc 4th Int Coral Reef Symp, Manila 2: 137-144
- BRAITHWAITE CJR (1987) Geology and Paleogeography of the Red Sea Region. In: Edwards AJ & Head SM (Eds): Key environments: Red Sea. Pergamon Press: 22-44
- BROWN B E (1988) Assessing environmental impacts on coral reefs. Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp 1:71- 80
- BRUGGEMANN J H (1994) Parrotfish grazing on coral reefs- A trophic novelty.- PhD thesis, Groningen
- BUBNER E, MEYER D E, SCHILLAK L & SCHUHMACHER H (1988) Bauprozesse im Meerwasser auf elektrochemischer Grundlage. Mitt Sonderforschungsbereich 230 „Natürliche Konstruktionen- Leichtbau in Architektur und Natur“ 2:95-105
- CARLTON J H & SAMMARCO P W (1987) Effects of substratum irregularity on success of coral settlement: Quantification by comparative geomorphological techniques. Bull Mar Sci 40: 85-98
- CARPENTER, R. C.(1986): Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities.- Ecological Monographs, 56: 345-363
- CHAZOTTES V, LECAMPION-ALSUMARD T & PEYROT-CLAUSADE M (1995) Bioerosion rates on coral reefs: Interactions between macroborers, microborers and grazers (Moorea, French Polynesia). Paleogeography , Palaeoclimatology, Palaeoecology 113: 189-198
- CHOAT J H & BELLWOOD D R (1985) Interactions amongst herbivorous fishes on a coral reef: influence of spatial variation. Marine Biology 89: 221-234
- CHOAT JH & BELLWOOD DR (1991) The biology of herbivorous fishes on coral reefs. In Sale PF (Ed.) The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego 120- 155
- CHOAT J H & CLEMENTS K D (1993) Daily feeding rates in herbivorous labroid fishes. Marine Biology 117: 205-211
- CLARK S & EDWARDS A (1995) Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldiv Islands. Coral Reefs 14: 201-213
- Clark T (1997) Tissue regeneration rate of coral transplants in a wave exposed environmnet, Cape D´ Aguilar, Hongkong. Proc 8th Int Coral Reef Symp 2: 2069-2074
- COLES, S. (1984): Colonization of Hawaiian Reef Corals on new and denuded substrata in the vicinity of a Hawaiian power station. Coral Reefs 3: 123-130
- CONNELL J H (1973) Population ecology of reef building corals. In Endean (Ed) Biology and Geology of Coral Reefs. Academic Press, New York. pp. 205-245
- CONNELL J H (1978) Diversity in tropical rainforests and coral reefs. Science 199:1302- 1310
- CONNELL J H (1985) The consequences of variation in initial settlement vs. post settlement mortality in rocky intertidal communities. J Exp Mar Biol Ecol 93:11-65

- CURTIS C (1985) Investigating the reef recovery following a freighter grounding in the Key Largo National marine sanctuary. Proc 5th Int Coral Reef Symp 6: 471-476
- DAHL H L (1973) Surface area in ecological analysis, quantification of benthic coral reef algae. Marine Biology 23:239-249
- DANCE S P (Ed) (1977) Das große Buch der Meeresmuscheln. Ulmer, Stuttgart, 304 S.
- DARWIN C (1906) The voyage of the Beagle. Dent & Sons Ltd, London, 496 S.
- DAVIES P J & HUTCHINGS P A (1983) Initial colonization, erosion and accretion on coral substrate. Experimental results, Lizard Island GBR. Coral Reefs 2:27-35
- DAVY H (1825) Further researches on the preservation of metals by electrochemical means. Phil. Transactions 2:
- DAY R (1985) The effects of refuges from predators and competitors on sessile communities on a coral reef. Proc 5th Int Coral Reef Symp 4: 41-45
- DEACON G E R (1952) The Mahinine Expedition to the Gulf of Aqaba. II Preliminary hydrological report. Bull Br Mus Nat Hist Zool 1:159-162
- DIETRICH G, KALLE K, KRAUSS W & SIEDLER G (1975) Allgemeine Meereskunde. Geb. Borntraeger Berlin Stuttgart, 593 S.
- DITLEV H (1980) A field guide to the reef building corals of the Indo- Pacific. Scandinavian Science Press Ltd. Klampenborg. 290 S.
- DITTMAR (1884) Reports on the Scientific results of the Exploring Voyage of H.M.S. Challenger. Physik and Chemistry. Vol.I H.M. Stationary office, London
- DONE T J, OSBORNE K & NARVIN K F (1988) Recovery of corals post *Acanthaster*. Progress and perspectives. Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp 2: 137-142
- DONE T J, DAYTON P K, DAYTON A E, STEGER R (1991) Regional and local variability in recovery of shallow coral communities: Moorea, French Polynesia and central Great Barrier Reef. Coral Reefs 9: 183-192
- DONE T J (1995) Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. Coral Reefs 14: 183 -192
- DONE T J, OGDEN J C, WIEBE W J & ROSEN BR (1996) Biodiversity and ecosystem function of coral reefs. In MOONEY H A, CUSHMAN J H, MEDINA E, SALA O E & SCHULZE E D (Eds) Functional roles of biodiversity: A global perspective SCOPE 1996
- DULLO W C, GEKIDIS M, GOLUBIC S, HEISS G A, KAMPMANN H, KIENE W E, KROLL D, KUHLAU M, RADKE G, REIJMER J J, REINICKE G B, SCHLICHTER D, SCHUHMACHER H, VOGEL K (1995) Factors controlling Holocene reef growth: An interdisciplinary approach, Facies 32, 145-188
- EICHLER D & LIESKE E (1994) Korallenfische Indischer Ozean. Jahr Verlag Hamburg, 368 S.
- ENDEAN, R. 1976 Destruction and Recovery of coral reef communities. In Jones & Endean (eds), Biology and Geology of Coral Reefs. III Biology 2., 215-254. Academic Press New York.
- ENGELL H & FORCHHAMMER P (1965) Corrosion Science 5: 479-488



- FADLALLAH Y (1983) Sexual reproduction, development and larval biology in Scleractinian corals. *Corals Reefs* 2: 129-150
- FAGERSTROM J A (1987) The evolution of reef communities. Wiley & sons, New York 600 S.
- FISHELSON L (1995) Eilat littoral: Life on the red line of biodegradation. *Isr. J Zool.* 41:43-55
- FITZHARDINGE R C (1985) Spatial and temporal variability in coral recruitment in Kaneohe Bay (Oahu, Hawaii) *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp. Tahiti* 4: 373-378
- FITZHARDINGE R C (1988) Coral recruitment: The importance of interspecific differences in juvenile growth and mortality. *Proc 6th Int. Coral Reef Symp.* 2: 673-678
- FRICKE H & SCHUHMACHER H (1983) The depths limits of the Red Sea stony corals: An Ecophysiological problem. *Mar Ecol* 4 (2): 163-194
- FRIEDMANN G M (1985): Gulf of Eilat (Aqaba) geological and sedimentological framework. - in: Friedmann GM & Krumbein WE (Eds.) *Hypersaline Ecosystems: The Gavish Sabkha, Ecological Studies: Analyses and Synthesis* 53:39-71
- FRYDL P & STEARN C W (1978): Rate of bioerosion by parrotfish in Barbados reef environments.- *J of Sedimentary/ Petrology*, 48,1149-57
- GLYNN P W (1988): Predation on Coral Reefs: some key processes, concepts and research directions.- *Proc 6th Int Coral Reef Symp* , 1, 51-62
- GLYNN P W (1990) Feeding ecology of selected macroconsumers: Patterns and effects an coral community structure.- In : Dubinsky, Z. (Ed.): *Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York: 335-391
- GLYNN P W (1996) Bioerosion and Coral Reef Growth: A dynamic Balance. In : Birkeland (Ed.) *Life and death of coral reefs 1996* Chapman & Hall, New York
- GOHAR H A F(1956) The place of the Red Sea between the Indian Ocean and the Mediterranean. *Publ. Hydrobiol. Res. Inst. Faculty of Science University of Istanbul* 2: 47-82
- GOLUBIC S, PERKINS R D & LUCAS K J (1975) Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. In Frey. R.W. (ed) *The study of trace fossiles*, 229-259. Springer, New York
- GORDON D P (1984) The marine Fauna of New Zealand: Bryozoa: Gymnolemata from the Kermadec Ridge. *New Zealand Oceanographic Institute Memoir* 91.
- GORDON D P (1986) The marine Fauna of New Zealand: Bryozoa: Gymnolemata (Ctenostomata and Cheilostomata Anasca) from the Western South Island Continental Shelf and Slope. *New Zealand Oceanographic Institute Memoir* 95.
- GORDON D P (1989) The marine Fauna of New Zealand: Bryozoa: Gymnolemata (Cheilostomida Ascophorina) from the Western South Island Continental Shelf and Slope. *New Zealand Oceanographic Institute Memoir* 97.
- GOREAU N J, GOREAU T J & HAYES R L (1981) Settling, survivorship and spatial aggregation in planulae juveniles of the coral *Porites porites* (Pallas). *Bull Mar Sci* 31(2): 424-435

- GOREAU T J & HILBERTZ W (1996) Reef restoration using seawater electrolysis in Jamaica. Proc 8th Int Coral Reef Symp (abstract)
- GRASSHOFF K EHRHARDT M & KREMLING K (Eds) (1983) Methods of Seawater Analysis. VCH Weinheim, 419 S.
- GRITTINGS S R, BRIGHT T J, CHOT A & BARNETT R R (1988) the recovery process in a mechanically damaged coral reef community, recruitment and growth. Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp 2: 225-230
- Guzman H M (1991) Restoration of coral reefs in Pacific Costa Rica. Conservation Biology 5 : 189-195
- HARRIOTT V J & FISK D A (1988) Coral Transplantation as a reef management option, Proc 6th Int Coral Reef Symp 2: 375-379
- HARRISON, P. L. & WALLACE, C. C.(1990): Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals.- In : Dubinsky, Z. (Ed.): Coral Reefs. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York: 133-207
- HATCHER B G (1983) Grazing in coral reef ecosystems. In BARNES (Ed.) Perspectives on coral reefs. 164-179
- HAY M E (1984): Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean Coral Reefs. Are previous results typical?- Ecology 65: 446-454
- HAY M E & Taylor PH (1985) Competition between herbivorous fishes and urchins on Caribbean reefs. Oecologia 65:591-598
- HIGHSMITH R C (1980) Geographic patterns of coral bioerosion: a productivity hypothesis. J Exp Mar Biol Ecol 46:177-196
- HIGHSMITH R C (1982) Reproduction by fragmentation in corals. Mar Ecol Prog Ser 7:207- 226.
- HILBERTZ W, FLETCHER D, KRAUSSE C (1977) Mineral accretion technology: applications for architecture and aqua-culture. Industr Forum 8:75-84
- HILBERTZ W (1981 A) Mineral accretion of large surface structures, building components and elements. US Patent 4,246,075
- HILBERTZ W (1981 B) The Electrodeposition of Minerals in Sea water for the Construction and Maintenance of Artificial reefs. In D.Y. ASKA (ed) Artificial reefs: Conference Proc. Report 41:123-148 Florida
- HILBERTZ W (1988) Growing and fading structures: experiments, applications, ideas. Mitt Sonderforschungsbereich 230 „Natürliche Konstruktionen- Leichtbau in Architektur und Natur“ 2:107-114.
- HILBERTZ W (1992) Solar generated building material from seawater as a sink for carbon. Ambio 21: 126-129
- HILBERTZ W, WILSON B, FALLIS N (1995) Autopia Ampere - Building with sun and sea. Intelligent Bauen 41: 202-211
- HILLMER G & SCHOLZ J (1996) Structure and Dynamics of Bryozoan Communities and Microbial Mats. Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie Sb2: Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. I Reef Evolution: 53-57. Göttingen

- HIXON M A & BROSTOFF W N (1985) Substrate characteristics, fish grazing and epibenthic reef assemblages off Hawaii. *Bull Mar Sci* 37 (1): 200-213
- HUGHES T P (1987) Skeletal density and growth form of corals. *Mar Ecol Prog Ser* 35:259-266
- HUGHES T P, REED D C & BOYLE M (1987): Herbivory on coral reefs: Community structure following mass mortalities of sea urchins.- *J Exp Mar Biol Ecol* 113: 39-59
- HUGHES T P (1999) Off - reef transport of coral fragments at Lizard Island, Australia. *Marine Geology* 157:1-6
- HULINGS N (1989) A review of marine science research in the Gulf of Aqaba. *Publ Mar Sci Stat Aqaba, Jordan* 6: 267pp
- HUTCHINGS P A (ed)(1994) The Pacific Reefs: a paradise lost. Special issues. *Mar Poll Bull* 29:1-140
- JACKSON J B C (1977) Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *American Naturalist* 111 (980) :743-767
- KENDRICK B, RISK J, MICHAELIDES J & BERGMANN K (1982) Amphibious microborers: bioeroding fungi isolated from live corals. *Bull Mar Sci* 32:862-867
- KEOUGH M J & DOWNES B J (1982) Recruitment of marine invertebrates: The role of active larval choices and early mortality. *Oecologia* 54: 348-352
- KIENE W E (1988) A model of bioerosion. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp Townsville*, 3:449-454
- KIENE W E & HUTCHINGS P A (1994): Bioerosion experiments at Lizard Island. GBR. - *Coral Reefs* 13: 91 -98
- KINSEY D W (1983) Standards of performance in coral reef primary production and carbonate turnover. In BARNES (ed) *Perspectives on coral reefs*, 209-222, Brian Couston Publ. Manuka Australia
- KLAUSEWITZ W (1980) Tiefenwasser und Tiefseefische aus dem Roten Meer. Einleitung und Neunachweis für *Bembrops adenensis* Norman 1939 und *Histiogaster spinifer* Gilchrist 1904. *Senckenbergiana biol.* 61:11-24
- KLINKER J, REISS Z, KROPACH C, LEVANON I, HARPAZ H & HALICZ E (1976) Observations on the circulation pattern in the Gulf of Eilat (Aqaba), Red Sea. *Isr J Earth Sci* 25:85-103
- KLUNZINGER C B (1879) Die Korallenthiere des Rothen Meeres (Vol 3 Die Steinkorallen). Verlag der Gutmann'schen Buchhandlung, Berlin, 86 S.
- KOJIS B L & QUINN N J (1981) factors to consider when transplanting hermatypic corals to accelerate regeneration of damaged coral reefs. Report of the Conference on Environmental Engineering, 183-187
- KROLL D K (1990) Quantitative Analyse der Korallenbesiedlung eines Vorriffareals in Aqaba, Rotes Meer. Diplomarbeit Universität Essen.

- KUHRAU M (1996) Influence of bathymetry and seasonality on the carbonate deposition of different coral species in the gulf of Aqaba. Proc 8th Int Coral Reef Symp Panama (Abstract)
- LESSIOS H A (1995) *Diadema antillarum* 10 years after mass mortality: still rare, despite help from a competitor. Proc Royal Soc London. B. 259: 331-337
- LEWIS S (1986) The role of herbivorous fishes in the organisation of a caribbean reef community. Ecological monographs 56(3): 183-200
- LIDDLE MJ & OHLHORST S L (1986) Changes in benthic community following the mass mortality of *Diadema* at Jamaica. J Exp Biol Ecol 95: 271-278
- LIESKE E & MYERS R (1994) Korallenfische der Welt. Jahr Verlag Hamburg, 398 S.
- LOYA J (1976 A) Recolonisation of Red Sea corals affected by natural catastrophes and man made perturbations. Ecology 57:278-289
- LOYA J (1976 B) The Red Sea coral *Stylophora pistillata* is an r strategist. Nature 259:478-480
- MAGUMI S (1985) Mortality and growth of juvenile coral *Pocillopora damicornis*. Coral Reefs 4: 27-33
- MANN S, WEBB J & WILLIAMS R J P (Eds)(1989) Biomineralization. VCH Weinheim, 541 S.
- MCCLANAHAN T R (1995) A coral reef ecosystem fisheries model: impacts of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes. Ecological Modelling 80:1-19
- MENZEL K (1988) Elektrochemische Abscheidungen von mineralischen Substanzen aus Meerwasser Mitt Sonderforschungsbereich 230 „Natürliche Konstruktionen-Leichtbau in Architektur und Natur“ 1: 161-175
- MERGNER H & SCHUHMACHER H (1974) Morphologie, Ökologie und Zonierung von Korallenriffen bei Aqaba, (Golf von Aqaba, Rotes Meer) Helgoländer wiss Meeresunters 26:238-358
- MERGNER H (1979) Quantitative ökologische Analyse eines Rifflagenareals bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). Helgoländer wiss Meeresunters 32:476-507
- MERGNER H & SCHUHMACHER H (1981) Quantitative Analyse der Korallenbesiedlung eines Vorriffareals bei Aqaba (Rotes Meer) Helgoländer Meeresunters 34:337-354
- MERGNER H, SCHUHMACHER H & KROLL D (1994): Longterm changes in the coral community of a fore reef area near Aqaba (Red Sea): 1976-1989. Proc. 7th Int. Coral Reef Symposium, Guam 1: 104-113
- MEYER D E & SCHUHMACHER H (1993) Ökologisch verträgliche Bauprozesse im Meerwasser. Geowissenschaften 11: 408 –412
- MIHM J W, BANTA W C & LOEB G D (1981) Effects of adsorbed organic and primary fouling films on Bryozoan settlement. J Exp Mar Biol Ecol 54:167-179
- MILLER AC (1982) Effects of differential fish grazing on the community structure on an intertidal reef flat at Eneawetok atoll. Pacific science 36: 467- 482

- MILLER M W, WEIL E & SZMANT A M (2000) Coral recruitment and juvenile mortality as structuring factors for reef benthic communities in Biscayne national Park, USA. *Coral Reefs* 19: 115-123
- MONNOIT C, MONNIOT F & LABOUTE P (1991) Coral reef ascidians of New Caledonia. Editions de l' Ostrom, Paris, 247 S.
- MONTGOMERY W L, MYRBERG A A & FISHELSON L (1989) Feeding ecology of surgeonfishes (Acanthuridae) in the northern Red Sea with particular reference to *Acanthurus nigrofuscus* (Forsskal). *J Exp Mar Biol Ecol* 132:179- 207
- MOORE R C (Ed) (1956) Treatise on invertebrate paleontology, Vol F, (Coelenterata). The geological Society of America Inc. and the University of Kansas, Boulder, Lawrence.
- MORRISON D (1988) Comparing fish and urchin grazing in shallow and deeper coral reef algal communities.- *Ecology* 69: 1367-1382
- MORSE D E & MORSE A N C (1992) Sulfated polysaccharide induces settlement and metamorphosis of *Agaricia humilis* larvae on specific crustose algae. *Proc 7<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp* 1: 502 (Abstract)
- NEUDECKER S (1977) Transplant experiments to test the effect of fish grazing on coral distribution. - *Proc. 3rd Int Coral Reef Symp* 3: 313-323
- NEUDECKER S (1979) Effects of grazing and browsing fishes on the zonation of corals in Guam. *Ecology* 60 (4): 666-672
- NOY-MEIR I (1973) Data transformation in ecological ordination. I. Some advantage of non centering. *J Ecol* 61:329-341
- NOY-MEIR I, WALKER D & WILLIAMS W T (1975) Data transformation in ecological ordination. II. On the meaning of data standardization. *J Ecol* 61:779-800
- OGDEN J (1977) Carbonate Sediment production by parrotfish and sea urchin on Caribbean reefs. In S.H. Frost, M.P. Weiss & Saunders, J.B. (eds) *Reefs and related carbonates - ecology and sedimentology*, 281-288. *Studies in Geology* 4. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma
- OGDEN J & LOBEL P (1978) The role of herbivorous fishes and urchins in coral reef communities. *Env. Biol Fish* 3: 49-63
- OHLHORST S & LIDDELL W D (1988) the effects of substrata microtopography on reef community structure. *Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp* 355-360
- PALDOR N & ANATI DA (1979) Seasonal variations of temperature and salinity in the Gulf of Eilat (Aqaba). *Deep Sea Res* 26:661-672
- PLUCER-ROSARIO G P & RANDALL R H (1987) Preservation of reef coral species by transplantation: an examination of their recruitment and growth. *Bull Mar Sci* 41:585-593
- POLUNIN NVC & KLUMPP DW (1989) Ecological correlates of foraging periodicity in herbivorous reef fishes of the Coral Sea. *J Exp Mar Biol Ecol* 126:1- 20
- RADTKE G (1993) The distribution of microborings in molluscan shells from Recent reef environments at Lee Stocking island, Bahamas. *Facies* 29:81-92

- RANDALL J E (1974) The effect of fishes on coral reefs.- Proc. 2nd Int Coral Reef Symp 1: 159-166
- RANDALL J E (1983) Red Sea Reef Fishes. Immel Publishing, 192 S.
- RANDALL J E , ALLEN G R & STEENE R C (1990) Fishes of the Great Barrier Reef and the Coral Sea. University of Hawaii Press, Honolulu, 507 S.
- REINICKE G B (1994) Beiträge zur Systematik und Ökologie der Xeniidæ (Octocorallia, Alcyonacea) des Roten Meeres. Dissertationsschrift Universität Essen.
- RICHMOND R H & HUNTER C L (1990) Reproduction and recruitment of corals: Comparison among the Caribbean, the tropical Pacific and the Red Sea. Mar Ecol Prog Ser 60:185-203
- RICHMOND R H (1996) Reproduction and recruitment of corals: Critical links in the Persistence of reefs. - In Birkeland C.(Ed.) Life and death of coral reefs. Chapman & Hall, New York.
- RIDING R (Ed) (1991) Calcareous algae and stromatolites. Springer, Berlin Heidelberg 571 S.
- Rinkevich B & Loya Y (1987) Variability in the pattern of sexual reproduction of the coral *Stylophora pistillata* at Eilat, Red Sea: A long- term study. Biological Bulletin 173:335-344
- RINKEVICH B (1995) Restoration strategies for coral reefs damaged by recreational activities: The use of sexual and asexual recruits. Restoration Ecology 3: 241-251
- RISTEDT H & SCHUHMACHER H (1985) The Bryozoan *Rhychozoon larreyi* (Audouin, 1826) – a successful competitor in coral reef communities of the Red Sea. Mar Ecol 6(2):167-179
- ROBERTS D, RITTSCHOF D, HOLM E & SCHMIDT A R (1991) factors influencing larval settlement. J exp Mar Biol Ecol 150: 203 –221
- ROBINSON R A (Ed) (1983) Treatise on invertebrate paleontology, Vol G, (Bryozoa). The geological Society of America Inc. and the University of Kansas, Boulder, Lawrence.
- ROSS DA (1979) The Red Sea: A new Ocean. Oceanus 22: 33-39
- RUSS G (1980) Effect of predation by fishes, competition and structural complexity of the substratum on the establishment of marine epifaunal community. J Exp Mar Biol Ecol 42:55-69
- RÜTZELER K (1975) The role of burrowing sponges in bioerosion. Oecologia 19:203-216
- RYLAND JS (1960) Experiments on the influence on the behavior of polyzoan larvae. J Exp Biol 37: 783-800.
- RYLAND JS (1970) Bryozoans. Hutchinson & Co Ltd, London
- SALE P F (1991) the ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego, 754 S.
- SALVAT B (1987) Human impacts on coral reefs: Facts and recommendation. Antenne Museum Ecole Pratique des Hautes Etudes, French Polynesia, 253 pp

- SAMMARCO P W, LEVINTON J & OGDEN J C (1974) Grazing and control of coral reef community structure by *D. antillarum* (Philippi) - a preliminary study. J Mar Res 32: 47-53
- SAMMARCO P W (1980) Diadema and its relationship to coral spat mortality; Grazing, competition and biological disturbance. J Exp Mar Biol Ecol 45: 245-272
- SAMMARCO P W (1982): Echinoid grazing as structuring force in coral communities: Whole reef manipulation. J Exp Mar Biol Ecol 61: 31-55
- SAMMARCO P W (1996) Comments on coral reef regeneration, bioerosion, biogeography, and chemical ecology: future directions. J Exp Mar Biol Ecol 200: 135-168
- SCHEER G & PILLAI C S G (1983) Report on the stony corals from the Red Sea. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 198 S.
- SCHLESINGER Y & LOYA Y (1985) Coral community reproductive patterns: Red Sea Versus the great Barrier Reef. Science 228: 1333-1335
- SCHLICHTER D & FRICKE H (1991) Mechanisms of amplification of photosynthetically active radiation in the symbiotic deep-water coral *Leptoseris fragilis*. Hydrobiologia 216: 389-394
- SCHOLZ J (1991) Die Bryozoenfauna der philippinischen Riffregion Cebu. Mitt Geol-Paläont Inst Univ. Hamburg 71,253-403, Hamburg
- SCHOLZ J (1995) Bryozoan "Micro-reefs": Epibiontic microorganisms as local control factor of bryozoan distribution. Beiträge zur Paläontologie 20: 75-87 Wien
- SCHOLZ J & KRUMBEIN W E (1996) Microbial mats and biofilms associated with bryozoans. In GORDON D P, SMITH A M & GRANT-MACKIE J A (eds) Bryozoans in space and time: 283- 298. National Institute of Water & Atmospheric Research. Wellington
- SCHUHMACHER H (1973): Die lichtabhängige Besiedlung von Hafenstützpfeilern durch sessile Tiere und Algen aus dem Korallenriff bei Eilat (Rotes Meer) Helgoländer wiss Meeresunters 24: 307- 326
- SCHUHMACHER H (1974): On the conditions accompanying the first settlement of corals on artificial reefs with special references to the influence of grazing sea urchins.(Eilat, Red Sea).Proc 2nd Int Coral Reef Symp 257-267.
- SCHUHMACHER H (1977) Initial phases in reef development studied at artificial reef types off Eilat (Red Sea). Helgoländer wiss Meeresunters 30: 400-411
- SCHUHMACHER H (1982) Korallenriffe: ihre Verbreitung, Tierwelt und Ökologie. BLV München, Wien, Zürich. 274 S.
- SCHUHMACHER H (1983) Die Tiefenverbreitung lichtabhängiger Steinkorallen und die Ansatztiefe rezenter Riffe im Golf von Aqaba (Rotes Meer).Essener geographische Arb 6: 59-69
- SCHUHMACHER H & MERGNER H (1985) Quantitative analyse von Korallengemeinschaften des Sanganeb- Atolls (mittleres Rotes Meer).II. Vergleich mit einem Riffareal bei Aqaba (nördliches Rotes Meer) am Nordrand des Indopazifischen Riffgürtels. Helgoländer Meeresunters 39: 419-440

- SCHUHMACHER H & ZIBROWIUS H (1985) What is hermatypic? A redefinition of ecological groups in corals and other organisms. *Coral Reefs* 4: 1-9
- SCHUHMACHER H (1988) Development of coral communities an artificial reef types over 20 years (Eilat, Red Sea) *Proc 6th Int Coral Reef Symp* 3: 379-384
- SCHUHMACHER H (1992) Impact of some corallivorous snails on stony corals in The Red Sea. *Proc 7th Int Coral Reef Symp* 2: 840-846
- SCHUHMACHER H (1994) Was sind künstliche Riffe. *Abh Geol A-B* 50:399-413
- SCHUHMACHER H & SCHILLAK L (1994) Integrated electrochemical and biogenic deposition of hard material - a nature-like colonization substrate. *Bull Mar Sci* 55: 672-679
- SCHUHMACHER H (1996) Starthilfe für künstliche Riffe. *Spektrum der Wissenschaften* 3: 66-73
- SCHUHMACHER H & HINTERKIRCHER J (1996) *Niedere Meerestiere*. BLV München Wien, 319 S.
- SCHUHMACHER H, KROLL D & REINICKE G B (1995): Long-term fluctuations of coral communities at Aqaba and on Sanganeb-Atoll (northern and central Red Sea) over more than a decade. *Beiträge zur Paläontologie* 20: 89-97
- SCHUPP PJ & PAUL VJ (1994) Calcium carbonate and secondary metabolites in tropical seaweeds: Variable effects on herbivorous fishes. *Ecology* 75: 1172- 1185
- SCOFFIN TP, STEARN C W, BOUCHER D, FRYDL P, HAWKINS C M, HUNTER I G, MCGEACHY J K (1980) Calcium carbonate budget of a fringing reef on the west coast of Barbados. Part II Erosion, sediments and internal structure. *Bull Mar Sci* 30: 475-508
- SHARABATI D (1984) *Red Sea Shells*. KPI , London – Boston – Melbourne – Henley, 128 S.
- SHEPPARD C R C & SHEPPARD A L S (1991) Corals and coral communities of Arabia. Reprint from " Fauna of Saudi Arabia" Vol 12 (1991)
- SHEPPARD C R C, PRICE A & ROBERTS C (1992) *Marine Ecology of the Arabian region.- Patterns and processes in extreme tropical environments*. Academic Press, London, 359pp.
- SIMKISS K (1964) Phosphates a crystal pions of calcification. *Biological Reviews* 39: 487-505
- SINCLAIR A R E & ARCESE P (1995) *Serengeti II: Dynamics, management and conservation of an Ecosystem*. University of Chicago Press, Chicago
- SMITH CL & TYLER GC (1973) Direct observation of resource sharing in coral reef fishes. *Helgoländer wiss Meeresunters* 24: 264- 275
- SMITH J E, SMITH C M & HUNTER C L (2001) An experimental analysis of the effects of herbivory and nutrient enrichment on benthic community dynamics on a hawaiian reef. *Coral Reefs* 19: 332-342
- SOROKIN Y I (1993) *Coral Reef Ecology*. Springer,(Ecological studies Vol 102) Berlin, 465 S.



- SOULE JD & SOULE DF (1977) Fouling and Bioadhesion: Life strategies of Bryozoans. In Woollacott RM & Zimmer RL (1977) *Biology of Bryozoans*, Academic Press, New York 437- 453
- SPENCER- DAVIES P (1995) Coral nubbins and explants for reef assessment and laboratory ecotoxicology. *Coral Reefs* 14: 267-269
- STENEK R S (1988) Herbivory on coral reefs: A synthesis. *Proc 6th Int Coral Reef Symp* 37-39
- TUDHOPE A W & RISK M J (1985) Rate of dissolution of carbonate sediments by microboring organisms, Davies Reef, Australia. *J Sed Petrology* 55: 440-447
- VAN DE KOPPEL J & PRINS H T (1998) the importance of herbivore interactions for the dynamics of African Savanna woodlands: an hypothesis. *J trop Ecol* 14: 565-576
- VAN DEN HOEK C & BREEMANN A M (1978) Distribution of algae, corals and gorgonians in relation to depths, light attenuation, water movement and grazing pressure in the fringing coral reefs of Curacao, Netherlands Antilles. *Aquatic Botany* 5: 1-46.
- VAN MOORSEL W N G (1985) Disturbance and growth of juvenile corals (*Agaricia humilis* and *Agaricia agaricites*, Scleractinia) in natural habitats on the reef of Curacao. *Mar Ecol Prog Ser* 24: 99-112
- VAN TREECK P, SCHUHMACHER H, PASTER M (1996) Grazing and Bioerosion by herbivorous fishes - key processes structuring coral reef communities. In Reitner , Neuweiler, Gunkel (Ed) *Göttinger Arb Geol Paläont Sb2* :133-137.
- VAN TREECK P & SCHUHMACHER H (1997) Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology. *Mar Ecol Prog Ser* 150: 287-292
- VAN TREECK P (1998) Bioerosion – Riffgestaltung mit Säure und Meißel. *Meer und Museum* 14: 44 -51
- VAN TREECK P & SCHUHMACHER H (1999) Artificial reefs created by electrolysis and coral transplantation- an approach ensuring the compatibility of environmental protection and diving tourism. *Estuarine, coastal and shelf science* 49: 75-81
- VERON J E N & WALLACE C C (1984) *Scleractinia of Eastern Australia* , Part V. AIMS, Canberra, 485 S.
- VERON J E N (2000) *Corals of the world*. Australian Institute of marine science and CRR. Vol 1-3
- VINE P (1986) *Red Sea Invertebrates*. Immel Publishing, 224 S.
- VOGEL K, KIENE W E, GEKTIDIS M, RADTKE G (1995) Scientific Results from Investigations of Microbial Borers and Bioerosion in Reef Envoronments. In Reitner J, Neuweiler F, Gunkel F (Eds.) *Göttinger Arb Geol Paläont Sb2* :139-143
- WALLACE C C (1999) *Staghorn Corals of the World*, CSIRO Publishing, Collingwood Australia 421 S.
- WATKINSON A R & ORMEROD S J (2001) Grasslands, grazing and biodiversity: editors introduction. *J Appl Ecol* 38: 233-237
- WHITFIELD 1975 Seawater as an electrolyte solution. In RILEY & SKIRROW (eds.) 1975 *Chemical oceanography* 44-161, Academic press London

- WINSTON J E (1986) An annotated checklist of coral associated Bryozoans. American Museum Novitates, New York, pp1-39
- WOELKERLING W J (1988) The coralline red algae. Oxford University Press, New York 561 S.
- WOLLACOTT R M & ZIMMER R L (1977) Biology of Bryozoans. Academic Press, New York , 567 S.
- WONG K H W & DEGENS E T (1980) The Red Sea and the gulf of Aden:a review. Proc. Symp. Coastal and Marine Environment of the Red Sea and tropical Indian Ocean, Karthoum 3: 213-266
- YAP H T, ALINO P M & GOMEZ E D (1992) Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa; Scleractinia), including effects of transplantation. Mar Ecol Prog Ser 83: 91-101
- YAP H T (2000) The case for restoration of tropical coastal ecosystems. Ocean & Coastal Management 43: 841-851

## 9 Anhang

In den Tabellen des Anhangs sind die erhobenen Daten zusammengefasst.

Verzeichnis der Tabellen im Anhang:

Tabellen A 1 – A 8:	Messwerte der interaktiven Bildanalyse der Substratplatten. Absolute und relative Flächenanteile der einzelnen Taxa an der Besiedlung der Substratplatten. Zusätzlich Anzahl der vermessenen Objekte.
Tabellen A 9 – A 20:	Anzahl der Bryozoen – Zoarien auf den Probestücken aus den EES –Zylindern. Werte der Außen bzw. Innenseiten der Zylinder wurden getrennt aufgeführt. Abundanzen wurden zusätzlich auf 100cm <sup>2</sup> hochgerechnet
Tabellen A 21 – A 22:	Weideaktivitäten über den Substratplatten in 10 m Tiefe. Aufgeführt sind Anzahlen der Fische die fressend an den Substratplatten dokumentiert wurden.
Tabellen A 23 – A 46:	Werte der Bioerosionsmessung der Korallenskelettsubstrate

**Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Beton) aus 10m Tiefe**  
 beschattete Plattenseiten (N)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

10BNV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10bnv073			10bnva66			10bnv036			10bnv044			10bnvc66			10bnv075			10bnv124			10bnvd66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	274	56,90	354,93	2317	10,03	62,55	1501	12,72	79,36	602	36,51	227,78	131	5,30	33,04	4576	22,02	137,35	1134	26,16	163,22	0	0,00	0,00
	Braunalgen	0	0,00	0,00	1	0,60	3,75	1	0,67	4,18	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	5,39	33,60	0	0,00	0,00	4	1,78	11,11
	Corallinacea (weiß)	5768	7,60	47,38	3066	5,12	31,93	1342	7,56	47,19	4205	22,95	143,18	192	2,59	16,16	3865	15,87	99,02	2285	5,86	36,54	5	3,09	19,29
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,14	0,90	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	1	0,07	0,46	4671	5,84	36,42	618	42,03	262,21	41	1,93	12,07	4	2,18	13,60	26	10,69	66,71	3666	25,48	158,93	23	37,45	233,62
	Porifera	0	0,00	0,00	2	1,25	7,82	7	1,57	9,78	1	0,30	1,89	40	53,39	333,03	1	0,21	1,32	0	0,00	0,00	2	0,44	2,77
	Scleractinia	0	0,00	0,00	1	0,01	0,06	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,12	0,73	1	0,06	0,36	2	0,25	1,55
	Bryozoa	24	11,65	72,67	46	9,27	57,84	22	2,54	15,82	12	1,49	9,31	8	2,76	17,20	4	1,35	8,44	15	7,87	49,08	16	2,67	16,66
	Röhrenwürmer	56	0,92	5,76	77	0,83	5,16	188	3,38	21,11	116	1,68	10,51	29	1,61	10,05	66	3,14	19,58	24	1,11	6,95	52	0,89	5,56
	Gryphaeidae	39	7,29	45,49	5	2,90	18,10	51	27,51	171,59	33	33,72	210,32	20	31,84	198,64	23	17,17	107,12	27	32,75	204,31	13	38,62	240,92
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,02	0,13	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,35	2,18	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	2	52,99	330,53	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	139	8,88	55,37
	Substrat		15,57	97,13		11,17	69,67		1,87	11,67		1,38	8,63		0,34	2,10		24,04	149,96		0,36	2,26		5,93	36,97
	Fläche (besiedelt)		84,43	526,69		88,83	554,15		98,13	612,15		98,62	615,19		99,66	621,72		75,96	473,86		99,64	621,56		94,07	586,85

10BNH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10bnh073			10bnhd66			10bnh036			10bnh044			10bnhb66			10bnh075			10bnh124			10bnha66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	3443	33,19	207,02	3669	30,18	188,26	279	32,13	200,42	3875	8,82	54,99	3763	18,62	116,16	1557	31,88	198,90	2623	20,83	129,92	1947	8,80	54,92
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	6	4,79	29,88	0	0,22	1,38
	Corallinacea (weiß)	68	2,41	15,06	3021	7,02	43,76	517	3,73	23,25	4291	7,41	46,21	2874	15,47	96,48	1952	9,41	58,69	317	0,39	2,45	1118	30,15	188,06
	Corallinacea (rot)	8	0,11	0,66	2	0,09	0,58	2	0,18	1,15	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	1,96	12,20
	Foraminifera	2493	40,35	251,72	2470	32,09	200,16	20	8,19	51,08	703	31,37	195,69	2459	19,28	120,30	4	0,87	5,45	1186	31,58	197,02	60	13,41	83,66
	Porifera	0	0,00	0,00	27	1,00	6,24	5	14,42	89,95	5	2,65	16,53	2	18,06	112,66	8	6,66	41,55	4	10,24	63,91	3	13,98	87,23
	Scleractinia	1	0,01	0,07	7	0,09	0,59	2	0,02	0,15	8	0,09	0,54	4	0,04	0,27	4	0,70	4,37	5	0,23	1,44	2	0,59	3,70
	Bryozoa	44	3,45	21,51	37	2,35	14,68	40	22,10	137,88	24	17,53	109,35	14	1,52	9,48	26	13,01	81,16	18	6,42	40,04	17	13,53	84,38
	Röhrenwürmer	3742	4,25	26,49	13	0,15	0,96	63	0,43	2,71	93	1,60	9,97	39	0,59	3,71	66	1,74	10,84	117	1,48	9,26	105	3,50	21,86
	Gryphaeidae	24	2,85	17,77	4	0,82	5,13	16	9,37	58,48	36	30,10	187,75	34	25,52	159,19	30	19,61	122,32	28	23,66	147,60	12	6,14	38,29
	Spondyliidae	2	0,18	1,12	0	0,00	0,00	4	0,38	2,34	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	2,15	13,40	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	1	0,57	3,55	21	16,86	105,17	67	5,53	34,51	0	0,00	0,00	1	0,32	2,01	1	1,21	7,57	0	0,00	0,00	70	0,89	5,52
	Substrat		12,64	78,85		9,34	58,29		3,51	21,88		0,45	2,80		0,57	3,56		12,76	79,57		0,37	2,32		6,83	42,63
	Fläche (besiedelt)		87,36	544,97		90,66	565,53		96,49	601,94		99,55	621,02		99,43	620,26		87,24	544,25		99,63	621,50		93,17	581,19

Tabelle A 1

**Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Beton) aus 10m Tiefe**  
belichtete Plattenseiten (S)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

10BSV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10bsv073			10bsva66			10bsv036			10bsv044			10bsvc66			10bsv075			10bsv124			10bsvd66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	9	95,55	596,05	2153	51,76	322,91	11631	18,65	114,78	799	58,46	364,67	1705	30,28	188,87	2913	41,07	256,18	10104	12,92	80,61	6569	29,58	184,54
	Braunalgen	503	1,58	9,87	0	0,00	0,00		0	0	2	0,58	3,63	0	0,00	0,00	1	0,88	5,49	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	350	0,83	5,16	10464	20,42	127,38	6770	9,83	60,51	3549	3,22	20,06	1008	0,73	4,57	6197	7,31	45,61	6068	5,89	36,76	8557	9,82	61,26
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	2	0,03	0,18	11419	25,84	161,22	285	69,04	424,89	5990	37,00	230,78	1177	31,51	196,54	9051	29,82	186,03	11433	20,92	130,51	1379	54,87	342,27
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0	0	0	0,00	0,00	4	32,53	202,93	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	2,91	18,14
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,50	3,14	0	0,00	0,00	2	0,91	5,65
	Bryozoa	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0	0	2	0,22	1,40	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	16	0,05	0,32	89	0,32	1,96	31	0,18	1,15	14	0,11	0,68	21	0,68	4,27	48	0,19	1,17	0	0,00	0,00
	Gryphaeidae	1	0,24	1,48	0	0,00	0,00	2	1,79	11,07	1	0,00	0,01	2	4,13	25,76	2	1,18	7,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Spondylidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00		0	0	2	0,03	0,19	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	1	1,17	7,30		0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		1,78	11,08		0,75	4,70		0	0		0,31	1,92		0,71	4,46		18,56	115,77		60,08	374,77		1,92	11,96
	Fläche (besiedelt)		98,22	612,74		99,25	619,12		99,63	613,21		99,69	621,90		99,29	619,36		81,44	508,05		39,92	249,05		98,08	611,86

10BSH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10bsh073			10bshd66			10bsh036			10bsh044			10bshb66			10bsh075			10bsh124			10bsha66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	1205	56,778	354,19	6650	29,64	184,92	4302	3,76	23,44	2479	50,09	312,48	7107	32,48	202,59	8241	19,59	122,23	2609	47,39	295,61	7968	20,96	130,76
	Braunalgen	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	4519	4,053	25,283	10332	25,03	156,13	7278	32,63	203,55	4097	6,91	43,08	7064	7,65	47,69	6440	6,03	37,59	8019	6,52	40,67	11056	18,47	115,25
	Corallinacea (rot)	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	5450	37,628	234,73	3588	41,73	260,33	881	62,47	389,70	4271	30,17	188,23	9282	23,96	149,47	0	0,00	0,00	3704	43,15	269,17	970	59,57	371,60
	Porifera	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Scleractinia	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0	0	0	0,00	0,00	116	0,22	1,37	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	43	0,09	0,58
	Gryphaeidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Spondylidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0	0	1	0,12	0,78	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		1,54	9,61		3,47	21,67		0,92	5,76		12,83	80,03		35,92	224,07		74,38	463,99		2,94	18,37		0,90	5,64
	Fläche (besiedelt)		98,46	614,21		96,53	602,15		99,08	618,06		87,17	543,79		64,08	399,75		25,62	159,83		97,06	605,45		99,10	618,18

Tabelle A 2

# Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Korallenskelettplatten) aus 10m Tiefe

beschattete Plattenseiten (N)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

10KNV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10knv073			10knva66			10knv036			10knv044			10knvc66			10knv075			10knv124			10knvd66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	2279	46,04	287,16	2650	29,82	185,99	873	48,95	305,33	6320	27,62	172,24	1941	45,31	282,60	2217	45,772	285,49	947	48,54	302,75	2453	28,261	176,27
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	1	0,9954	6,2084
	Corallinacea (weiß)	7120	19,08	119,01	2404	11,97	74,68	1880	3,64	22,69	7799	14,57	90,88	8650	16,63	103,73	5778	18,044	112,55	2120	7,83	48,81	2617	10,449	65,174
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	1	0,00	0,00	0	0	0
	Foraminifera	0	0,00	0,00	4644	5,26	32,79	2411	12,47	77,78	3056	37,22	232,15	4977	9,63	60,05	3386	17,336	108,12	2501	24,17	150,72	13	30,949	193,03
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,06	0,38	0	0,00	0,00	1	0,4752	2,9637	2	0,85	5,30	0	0	0
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0
	Bryozoa	14	3,06	19,10	44	5,64	35,15	42	26,69	166,44	30	7,24	45,14	49	9,87	61,54	16	4,5841	28,592	35	12,46	77,75	18	4,4844	27,97
	Röhrenwürmer	12	0,69	4,28	13	1,66	10,37	45	0,87	5,45	17	0,38	2,37	10	0,21	1,28	126	3,6559	22,803	64	1,98	12,36	0	0	0
	Gryphaeidae	7	0,58	3,60	0	0,00	0,00	7	4,54	28,32	5	5,93	36,99	6	2,59	16,16	8	3,9583	24,689	4	2,35	14,68	8	8,1164	50,623
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	1	0,12	0,77	1	1,2959	8,0829
	Ascidacea	0	0,00	0,00	3	35,34	220,43	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	1,0947	6,8279	0	0,00	0,00	0	0	0
	Substrat		30,55	190,67		10,31	64,43		2,84	17,81		6,98	43,67		15,77	98,45		5,08	31,79		1,70	10,68		15,45	96,46
	Fläche (besiedelt)		69,45	433,15		89,69	559,39		97,16	606,01		93,02	580,15		84,23	525,37		94,92	592,03		98,30	613,14		84,55	527,36

10KNH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10knh073			10knhd66			10knh036			10knh044			10knhb66			10knh075			10knh124			10knha66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	1591	39,06	243,65	4389	29,51	184,12	2178	45,09	281,25	3255	32,73	204,15	2	82,04	511,76	3190	9,09	56,72	3668	45,47	283,63	4653	21,01	131,09
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	4843	16,89	105,35	4020	12,02	74,99	1773	12,81	79,93	5316	8,57	53,43	130	3,06	19,06	2735	8,24	51,42	1527	22,94	143,08	1484	10,01	62,47
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	8648	9,86	61,49	3882	30,95	193,05	0	0,00	0,00	4829	28,60	178,42	0	0,00	0,00	2	0,33	2,04	4933	16,48	102,82	5671	5,57	34,75
	Porifera	1	0,23	1,44	2	0,27	1,68	0	6,20	38,69	0	2,09	13,01	2	0,15	0,94	9	44,45	277,29	0	0,00	0,00	3	2,04	12,69
	Scleractinia	0	0,00	0,00	1	0,02	0,12	1	0,18	1,13	1	0,02	0,11	0	0,00	0,00	2	0,48	3,00	1	0,07	0,43	1	0,08	0,49
	Bryozoa	74	24,58	153,36	13	3,77	23,53	24	16,39	102,27	41	16,86	105,20	1	0,02	0,14	14	10,03	62,60	23	9,13	56,96	12	5,77	35,99
	Röhrenwürmer	23	0,94	5,89	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	18	1,00	6,25	0	0,00	0,00	24	0,83	5,15	19	0,52	3,24	16	2,23	13,90
	Gryphaeidae	15	0,30	1,90	3	0,23	1,44	3	1,09	6,82	9	3,31	20,65	1	1,50	9,34	6	1,84	11,49	10	4,32	26,94	8	3,69	23,00
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	1	0,49	3,05	2	1,42	8,87	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	5	4,17	26,02	1	0,38	2,38	2	1,45	9,08
	Ascidacea	0	0,00	0,00	2	8,87	55,35	1	3,79	23,62	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		8,14	50,75		13,86	86,49		13,02	81,23		6,83	42,60		13,24	82,58		20,53	128,10		0,70	4,34		48,15	300,36
	Fläche (besiedelt)		91,87	573,07		86,14	537,33		86,98	542,59		93,17	581,22		86,76	541,24		79,47	495,72		99,30	619,48		51,85	323,46

Tabelle A 3

# Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Korallenskelettplatten) aus 10m Tiefe

belichtete Plattenseiten (S)

Vermessene Fläche = 623,82cm²

10KSV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10ksv073			10ksva66			10ksv036			10ksv044			10ksvc66			10ksv075			10ksv124			10ksvd66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	1919	54,94	342,66	762	13,90	86,68	6126	38,03	237,17	7313	33,01	205,92	4947	58,37	364,05	7761	27,54	171,76	11211	15,80	98,54	5387	33,80	210,81
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	8742	23,10	144,08	520	1,57	9,77	2295	40,14	250,37	8270	13,94	86,94	2814	14,75	91,98	5974	26,10	162,81	4615	36,50	227,64	2307	30,47	190,04
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	13488	10,23	63,82	881	1,83	11,42	11479	11,89	74,15	3703	41,15	256,68	2624	17,67	110,20	5871	32,20	200,83	10625	27,09	168,98	6744	26,72	166,68
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	6,58	41,04	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,14	0,88	0	0,00	0,00	3	0,22	1,37	0	0,00	0,00	6	1,03	6,42
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	26	0,22	1,34	11	0,14	0,84	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	9	1,16	7,26
	Gryphaeidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	3,83	23,92	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,85	5,28	0	0,00	0,00	1	0,73	4,53
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	1	75,088	468,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		11,72	73,26		7,62	47,62		6,11	38,21		11,53	72,05		9,08	56,75		6,51	40,74		20,61	128,66		6,09	38,08
	Fläche (besiedelt)		88,27	550,56		92,38	576,20		93,89	585,61		88,47	551,77		90,92	567,07		93,49	583,08		79,39	495,16		93,91	585,74

10KSH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	10ksh073			10kshd66			10ksh036			10ksh044			10kshb66			10ksh075			10ksh124			10ksha66		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	6966	32,04	199,82	7258	20,18	125,89	15	23,51	146,65	9673	22,99	143,38	6834	40,99	255,68	10289	8,64	53,88	9176	23,83	148,66	11336	21,25	132,56
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	5966	35,39	220,75	3853	23,81	148,54	4051	26,92	167,87	6479	11,92	74,34	3120	5,10	31,79	4366	33,83	210,98	1359	53,57	334,11	6637	16,52	103,02
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	9180	30,50	190,22	2005	32,03	199,80	9366	14,68	91,56	5877	35,31	220,25	2761	19,71	122,93	586	0,73	4,56	13099	15,72	98,02	13383	14,02	87,43
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	14,93	93,10	0	0,00	0,00	1	0,93	5,82
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	0,43	2,67
	Bryozoa	0	0,00	0,00	1	0,06	0,40	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,84	5,27	0	0,00	0,00
	Gryphaeidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	2	17,09	106,56	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		2,08	13,03		6,82	42,64		34,90	217,74		29,78	185,85		34,20	213,42		41,88	261,29		6,04	37,76		46,85	292,32
	Fläche (besiedelt)		97,92	610,79		93,18	581,18		65,10	406,08		70,22	437,97		65,80	410,40		58,12	362,53		93,96	586,06		53,15	331,50

Tabelle A 4

# Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Beton) aus 20m Tiefe

beschattete Plattenseiten (N)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

20BNV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20bnv073			20bnva76			20bnv026			20bnv044			20bnvc76			20bnv075			20bnv124			20bnvd76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	3037	36,21	225,90	2178	33,16	206,85	1456	23,77	148,30	2900	19,44	121,27	992	46,98	293,06	0	0,00	0,00	2419	24,87	155,16	34	3,86	24,10
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,19	1,19	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,49	3,03	0	0,00	0,00	8	4,26	26,55
	Corallinacea (weiß)	4286	30,50	190,28	3453	8,88	55,37	2260	14,57	90,89	1557	28,88	180,18	3459	30,89	192,70	43	20,19	125,97	1636	29,04	181,14	35	5,89	36,73
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	1583	1,61	10,04	1681	1,99	12,40	0	0,00	0,00	6	0,77	4,82	0	0,00	0,00	1	0,11	0,69	12	2,55	15,89
	Foraminifera	0	0,00	0,00	8288	16,10	100,46	35	23,99	149,65	13	1,92	11,98	64	7,66	47,80	24	27,41	170,97	23	10,98	68,46	29	40,94	255,36
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	7,04	43,90	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	3,13	19,54	2	3,28	20,46	1	5,87	36,61
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,01	0,07	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,34	2,15	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	32	1,68	10,51	81	14,61	91,15	48	15,28	95,35	31	8,13	50,72	27	1,36	8,49	18	9,37	58,48	24	2,42	15,10	38	11,57	72,18
	Röhrenwürmer	86	1,96	12,23	116	1,99	12,44	83	1,85	11,54	138	1,99	12,41	63	1,30	8,13	107	2,89	18,00	72	2,03	12,65	32	1,48	9,25
	Gryphaeidae	68	17,16	107,02	22	6,23	38,87	23	8,59	53,58	57	36,62	228,43	21	8,31	51,83	27	20,41	127,35	45	26,73	166,74	20	15,42	96,22
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	3	0,14	0,86	4	0,59	3,70	2	0,33	2,06	1	0,08	0,52	29	13,00	81,10	5	0,51	3,19	5	2,42	15,12
	Ascidacea	0	0,00	0,00	4	3,40	21,19	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		12,48	77,88		13,88	86,59		2,12	13,25		2,69	16,78		2,64	16,47		2,76	17,24		0,04	0,22		5,74	35,81
	Fläche (besiedelt)		87,52	545,94		86,12	537,23		97,88	610,57		97,31	607,04		97,36	607,35		97,24	606,58		99,96	623,60		94,26	588,01

20BNH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20bnh073			20bnhd76			20bnh026			20bnh044			20bnhb76			20bnh075			20bnh124			20bnha76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	0	0,00	0,00	5078	21,53	134,30	6239	15,26	95,19	6135	13,39	83,51	1775	26,91	167,86	23	0,88	5,47	465	27,29	170,27	2058	14,05	87,64
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	27	3,75	23,40	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	1511	37,65	234,87	4566	29,15	181,81	4920	20,37	127,09	3107	33,70	210,23	1037	17,69	110,38	671	41,68	259,99	4	2,36	14,71	1151	34,54	215,49
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	1	0,35	2,18	169	1,93	12,02	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	27	4,39	27,37	16	12,67	79,04
	Foraminifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2309	41,56	259,24	0	0,00	0,00	3	0,63	3,93	1273	7,33	45,70	0	0,00	0,00	2	0,46	2,89
	Porifera	2	0,06	0,38	4	0,15	0,92	3	1,08	6,73	2	0,02	0,11	5	39,94	249,15	5	8,43	52,59	4	13,87	86,51	6	12,85	80,16
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,15	0,91	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	0,14	0,88	3	0,13	0,82
	Bryozoa	85	2,66	16,57	44	1,74	10,87	53	3,17	19,75	125	6,53	40,75	24	1,49	9,27	26	5,15	32,13	14	4,83	30,16	30	1,85	11,56
	Röhrenwürmer	378	3,18	19,81	60	0,78	4,88	47	1,75	10,89	141	1,53	9,53	146	1,76	10,96	37	1,16	7,26	26	1,19	7,43	95	2,61	16,28
	Gryphaeidae	125	23,85	148,76	67	3,47	21,65	85	8,82	55,04	126	10,34	64,53	33	4,19	26,12	50	12,32	76,87	35	29,32	182,89	15	12,59	78,55
	Spondyliidae	3	0,10	0,62	9	0,33	2,03	3	0,29	1,79	8	0,53	3,29	1	0,21	1,32	22	12,28	76,58	4	2,32	14,46	2	0,61	3,83
	Ascidacea	0	0,00	0,00	3	2,29	14,31	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,85	5,30
	Substrat		32,51	202,81		40,22	250,87		2,03	12,69		33,82	210,96		7,19	44,83		10,78	67,23		14,29	89,15		6,78	42,27
	Fläche (besiedelt)		67,49	421,01		59,78	372,95		97,97	611,13		66,18	412,86		92,81	578,99		89,22	556,59		85,71	534,67		93,22	581,55

Tabelle A 5



**Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Beton) aus 20m Tiefe**  
belichtete Plattenseiten (S)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

20BSV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20bsv073			20bsva76			20bsv026			20bsv044			20bsvc76			20bsv075			20bsv124			20bsvd76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	1775	51,64	322,11	1141	58,43	364,51	9823	17,58	109,67	414	63,47	395,95	2969	49,95	311,60	2635	39,61	247,13	3871	38,39	239,49	5273	36,15	225,54
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	3164	2,31	14,40	4151	4,48	27,94	5584	32,854	204,95	3123	2,70	16,83	731	0,50	3,12	4781	4,85	30,28	10011	8,60	53,62	3057	39,73	247,84
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	3818	39,11	243,96	5693	34,00	212,08	2356	46,905	292,6	7682	29,45	183,70	6679	11,89	74,17	2372	47,24	294,70	2015	49,34	307,81	13756	19,31	120,45
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Scleractinia	0	0,00	0,00	1	0,02	0,11	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,04	0,26	0	0,00	0,00	2	0,12	0,74
	Bryozoa	0	0,00	0,00	14	1,92	11,97	0	0,00	0,00	1	0,17	1,05	1	0,08	0,51	4	1,75	10,90	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	0,0141	0,0878	41	0,20	1,27	0	0,00	0,00	10	0,29	1,79	19	0,06	0,40	0	0,00	0,00
	Gryphaeidae	21	5,79	36,10	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	3	3,78	23,61	0	0,00	0,00	3	1,73	10,82	3	3,15	19,63	4	2,23	13,94
	Spondylidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		6,95	43,34		1,16	7,22		2,6474	16,515		4,01	25,02		37,58	234,42		6,21	38,76		3,61	22,49		4,69	29,26
	Fläche (besiedelt)		93,05	580,48		98,84	616,60		97,353	607,3		95,99	598,80		62,42	389,40		93,79	585,06		96,40	601,33		95,31	594,56

20BSH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20bsh073			20bshd76			20bsh026			20bsh044			20bshb76			20bsh075			20bsh124			20bsha76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]	Objekte	Area %	[cm <sup>2</sup> ]
	Grünalgen	2792	44,689	278,78	5964	11,41	71,17	10660	21,46	133,87	1355	46,16	287,98	3278	41,32	257,76	2326	47,74	297,82	9594	13,25	82,64	7115	24,87	155,14
	Braunalgen	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	1171	1,3577	8,4694	6250	8,16	50,92	1117	0,79	4,91	4375	4,23	26,38	1615	1,31	8,18	7968	10,35	64,60	7873	4,80	29,96	7340	11,07	69,06
	Corallinacea (rot)	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	1977	52,62	328,25	11238	27,05	168,76	8911	27,39	170,89	3258	48,27	301,09	9598	14,96	93,33	4372	39,29	245,07	1752	50,69	316,23	1030	62,57	390,34
	Porifera	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Scleractinia	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0	0	60	0,15	0,93	20	0,07	0,42	88	0,30	1,90	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	102	0,35	2,21
	Gryphaeidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Spondylidae	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		1,33	8,32		53,23	332,05		50,29	313,74		1,04	6,47		42,41	264,55		2,62	16,34		31,26	194,99		1,13	7,07
	Fläche (besiedelt)		98,67	615,50		46,77	291,77		49,71	310,08		98,96	617,35		57,59	359,27		97,38	607,48		68,74	428,83		98,87	616,75

Tabelle A 6

# Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Korallenskelettplatten) aus 20m Tiefe

beschattete Plattenseiten (N)

Vermessene Fläche = 623,82cm²

20KNV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20knv073			20knva76			20knv026			20knv044						20knv075			20knv124			20knvd76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	5697	23,22	144,81	3191	27,97	174,45	2236	15,78	98,42	3286	27,43	171,09				1599	23,19	144,67	4420	24,064	150,09	968	6,20	38,68
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0	0	11	3,89	24,27
	Corallinacea (weiß)	4591	13,63	85,00	4078	14,23	88,78	13	0,34	2,13	6574	6,36	39,64				0	0,00	0,00	2900	2,9589	18,455	4	0,67	4,20
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0	0	4	0,62	3,86
	Foraminifera	1	0,06	0,37	4103	27,30	170,27	1201	23,67	147,60	3239	12,84	80,08				2304	13,69	85,36	3146	38,032	237,21	731	38,61	240,81
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				1	7,11	44,33	2	2,9851	18,618	4	28,01	174,73
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00
	Bryozoa	8	1,61	10,02	71	14,38	89,67	57	23,97	149,50	23	9,91	61,78				40	16,19	100,99	41	15,274	95,265	22	5,85	36,46
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	53	1,38	8,60	45	0,98	6,14	13	0,45	2,83				32	1,64	10,24	0	0	0	9	0,71	4,42
	Gryphaeidae	37	5,12	31,91	6	0,61	3,80	11	3,51	21,89	14	4,90	30,55				14	7,82	48,80	8	5,1313	32,005	9	5,46	34,04
	Spondylidae	0	0,00	0,00	3	0,24	1,49	1	0,15	0,92	2	0,26	1,65				14	7,99	49,83	1	0,1868	1,1652	5	3,47	21,67
	Ascidacea	0	0,00	0,00	1	0,40	2,47	3	25,49	158,98	0	0,00	0,00				2	6,35	39,60	0	0	0	0	0,00	0,00
	Substrat		56,37	351,71		13,50	84,30		6,11	38,24		37,85	236,20					16,02	100,00		11,37	71,01		6,51	40,69
	Fläche (besiedelt)		43,63	272,11		86,50	539,52		93,89	585,58		62,15	387,62					83,98	523,82		88,63	552,81		93,49	583,13

20KNH	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20knh073			20knhd76			20knh026			20knh044			20knhb76			20knh075			20knh124			20knha76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	3392	37,12	231,57	2382	34,01	212,11	3240	19,35	120,74	6056	27,02	168,58	2227	46,01	287,00	30	22,76	142,07	1784	31,60	197,11	2116	27,08	168,89
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	0	0,00	0,00	3921	22,84	142,43	3027	10,13	63,21	6302	7,86	49,01	6307	24,46	152,59	1728	22,66	141,45	2300	16,96	105,81	3593	18,46	115,12
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,08	0,49	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	0	0,00	0,00	1	0,18	1,13	3666	36,91	230,22	9489	17,32	108,04	0	0,00	0,00	1785	15,53	96,92	3459	25,10	156,56	5937	19,77	123,29
	Porifera	0	0,00	0,00	4	2,29	14,26	3	2,05	12,78	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	4	7,36	45,96	0	0,00	0,00	3	6,23	38,88
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,10	0,62	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,13	0,80	0	0,00	0,00
	Bryozoa	5	0,36	2,27	28	3,34	20,80	62	16,89	105,36	54	8,10	50,53	36	3,70	23,10	27	3,96	24,72	14	7,77	48,46	21	5,66	35,31
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	35	1,29	8,07	13	0,31	1,94	4	0,17	1,07	15	0,57	3,57	16	0,58	3,64	22	0,73	4,54
	Gryphaeidae	99	6,03	37,61	13	0,74	4,61	28	3,53	22,03	45	4,54	28,31	3	1,57	9,82	33	5,49	34,25	24	4,37	27,23	7	2,33	14,51
	Spondylidae	0	0,00	0,00	11	0,51	3,17	10	3,08	19,21	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	18	11,09	69,22	13	7,56	47,13	8	10,61	66,16
	Ascidacea	0	0,00	0,00	3	3,45	21,53	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		56,48	352,36		32,65	203,77		6,77	42,22		34,67	216,30		24,07	150,25		10,57	65,66		5,94	37,07		9,14	57,11
	Fläche (besiedelt)		43,52	271,46		67,35	420,05		93,24	581,60		65,33	407,52		75,93	473,57		89,43	558,16		94,06	586,75		90,86	566,71

Tabelle A 7

# Messwerte der interaktiven Bildanalyse für die Substratplatten (Korallenskelettplatten) aus 20m Tiefe

belichtete Plattenseiten (S)

Vermessene Fläche = 623,82cm<sup>2</sup>

20KSV	Exp.Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20ksv073			20ksva76			20ksv026			20ksv044						20ksv075			20ksv124			20ksvd76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	5220	36,47	227,46	1768	49,06	306,05	1810	47,09	293,69	4271	36,03	224,70				8776	18,71	116,69	8577	16,66	103,93	10197	19,18	119,66
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	6413	8,65	53,93	2337	1,43	8,92	12437	20,92	130,51	2803	5,14	32,06				12679	14,71	91,76	5445	9,54	59,53	0	0,00	0,00
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	12784	14,45	90,13	7697	26,81	167,25	7457	20,34	126,87	10115	23,11	144,15				6642	14,36	89,54	5405	23,92	149,21	98	13,14	81,98
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				86	11,04	68,89	0	0,00	0,00	2	3,45	21,54
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	0	0,00	0,00	5	0,93	5,82	1	0,18	1,13	0	0,00	0,00				4	0,71	4,44	0	0,00	0,00	2	0,26	1,64
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,05	0,28				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Gryphaeidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				2	0,31	1,96	0	0,00	0,00	3	0,80	5,01
	Spondyliidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	0		0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00				0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		40,43	252,30		21,77	135,79		11,46	71,61		35,68	222,63					40,15	250,54		49,87	311,15		63,16	393,99
	Fläche (besiedelt)		59,57	371,52		78,23	488,03		88,54	552,21		64,32	401,19					59,85	373,28		50,13	312,67		36,85	229,83

20KSH	Exp. Zeit [a]	0.5			1			1.5			1.5			1.5			2			2			3.5		
	Platte	20ksh073			20kshd76			20ksh026			20ksh044			20kshb76			20ksh075			20ksh124			20ksha76		
	Taxon	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]	Objekte	Area %	[cm²]
	Grünalgen	7218	30,24	188,63	11009	15,01	93,59	14310	17,72	110,51	5364	20,24	126,26	0	19,61	122,32	7354	32,24	201,11	3188	6,32	39,40	6990	16,05	100,09
	Braunalgen	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,32	1,97	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Corallinacea (weiß)	8445	18,24	113,77	7649	13,90	86,71	7648	23,54	146,84	4157	13,48	84,06	9938	16,30	101,69	11801	28,11	175,36	2893	38,84	242,22	2868	43,89	273,72
	Corallinacea (rot)	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Foraminifera	0	0,00	0,00	8665	27,04	168,67	10854	8,97	55,96	2120	41,76	260,47	8817	10,47	65,31	13889	21,10	131,61	5153	21,37	133,28	9752	26,16	163,18
	Porifera	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Scleractinia	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,03	0,16	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Bryozoa	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Röhrenwürmer	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,05	0,32
	Gryphaeidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Spondylidae	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Ascidacea	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Substrat		51,52	321,42		44,05	274,85		49,74	310,34		24,52	153,03		53,30	332,53		18,54	115,74		33,48	208,92		13,85	86,52
	Fläche (besiedelt)		48,48	302,40		55,95	348,97		50,26	313,48		75,48	470,79		46,70	291,29		81,46	508,08		66,52	414,90		86,15	537,30

Tabelle A 8

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m**  
**Sektor rechts**

**Zylinder1**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	64			63			42			90		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	16	14	30	6	8	14			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0	2		2
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	1	2	3	1		1			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0			0	2		2			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	3		3			0	2		2
<i>Tubulipora spec.</i>			0			0			0	1		1
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	0	0	3	2	3	3	1	3	3	0	3
<b>Zoarien</b>	0	0	0	20	16	36	9	8	17	5	0	5
<b>Taxa /100cm²</b>	0	0	0	4,76	3,17	4,76	7,14	2,38	7,14	3,33	0	3,33
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	0	0	31,7	25,4	57,1	21,4	19	40,5	5,56	0	5,56

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	64			100			42			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	12	12	24	3	4	7			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0	1		1
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0			0			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	2		2	2	1	3	3	2	5
<i>Tubulipora spec.</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	0	0	2	1	2	2	2	2	2	1	2
<b>Zoarien</b>	0	0	0	14	12	26	5	5	10	4	2	6
<b>Taxa /100cm²</b>	0	0	0	2	1	2	4,76	4,76	4,76	2	1	2
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	0	0	14	12	26	11,9	11,9	23,8	4	2	6

**Tabelle A 9**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m  
Sektor oben**

**Zylinder1**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	81			63			56			77		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	5	2	7			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0	2		2	1		1	8	3	11
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0	2	1	3			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0	4		4	1		1	1		1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	5	2	7	14	5	19			0
<i>Tubulipora spec.</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	0	0	4	2	4	4	2	4	2	1	2
<b>Zoarien</b>	0	0	0	16	4	20	18	6	24	9	3	12
<b>Taxa /100cm²</b>	0	0	0	6,35	3,17	6,35	7,14	3,57	7,14	2,6	1,3	2,6
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	0	0	25,4	6,35	31,7	32,1	10,7	42,9	11,7	3,9	15,6

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	56			48			49			72		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	2	2	4		1	1			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0		6	6			0	1	2	3
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0			0			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	1	3	4		1	1		1	1
<i>Tubulipora spec.</i>		1	1			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	1	1	2	3	3	0	2	2	1	2	2
<b>Zoarien</b>	0	1	1	3	11	14	0	2	2	1	3	4
<b>Taxa /100cm²</b>	0	1,79	1,79	4,17	6,25	6,25	0	4,08	4,08	1,39	2,78	2,78
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	1,79	1,79	6,25	22,9	29,2	0	4,08	4,08	1,39	4,17	5,56

**Tabelle A 10**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m**  
**Sektor rechts**

**Zylinder2**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	64			63			42			90		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0		1	1
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	1		1	10	14	24			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0	6	2	8
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	2	2	4	8	10	18			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0	6	7	13			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	2	2	4	1	1	2		1	1
<i>Tubulipora spec</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	1	0	1	4	4	4	2	2	2	1	3	3
<b>Zoarien</b>	1	0	1	20	25	45	9	11	20	6	4	10
<b>Taxa /100cm²</b>	1,56	0	1,56	6,35	6,35	6,35	4,76	4,76	4,76	1,11	3,33	3,33
<b>Zoarien /100cm²</b>	1,56	0	1,56	31,7	39,7	71,4	21,4	26,2	47,6	6,67	4,44	11,1

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	72			72			63			81		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	1	1	2	4	5	9	1	1	2			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	2		2			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0	1		1
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	9	1	10		1	1			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0	6	9	15	1	2	3			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	1		1		2	2	1		1			0
<i>Tubulipora spec</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	2	1	2	4	4	5	3	3	4	1	0	1
<b>Zoarien</b>	2	1	3	21	17	38	3	4	7	1	0	1
<b>Taxa /100cm²</b>	2,78	1,39	2,78	5,56	5,56	6,94	4,76	4,76	6,35	1,23	0	1,23
<b>Zoarien /100cm²</b>	2,78	1,39	4,17	29,2	23,6	52,8	4,76	6,35	11,1	1,23	0	1,23

**Tabelle A 11**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m  
Sektor oben**

**Zylinder2**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	72			72			48			99		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	3		3			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	1	1				0	1		1
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0			0			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	1	6	7	9	7	16	1		1
<i>Tubulipora spec.</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>	1		1			0			0			0
<b>Taxa</b>	2	0	2	1	2	2	1	1	1	2	0	2
<b>Zoarien</b>	4	0	4	1	7	8	9	7	16	2	0	2
<b>Taxa /100cm²</b>	2,78	0	2,78	1,39	2,78	2,78	2,08	2,08	2,08	2,02	0	2,02
<b>Zoarien /100cm²</b>	5,56	0	5,56	1,39	9,72	11,1	18,8	14,6	33,3	2,02	0	2,02

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	56			56			42			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	2	2		1	1				0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0	1	1				0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0	1		1
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0			0			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	1	1	1	3	4		3	3	3
<i>Tubulipora spec.</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	0	0	0	3	3	1	2	2	1	1	2
<b>Zoarien</b>	0	0	0	0	4	4	1	4	5	1	3	4
<b>Taxa /100cm²</b>	0	0	0	0	5,36	5,36	2,38	4,76	4,76	1	1	2
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	0	0	0	7,14	7,14	2,38	9,52	11,9	1	3	4

**Tabelle A 12**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m**  
**Sektor rechts**

**Zylinder3**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	80			66			64			63		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>	2		2			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	10	9	19			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0		1	1			0	6		6
<i>Parasmittina parsevalii</i>	1		1	11	4	15	1	1	2			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	3	1	4	5	4	9	1		1			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	5		5	1	2	3	6	1	7	1		1
<i>Tubulipora spec</i>			0		4	4	2		2	8		8
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	4	1	4	4	6	6	4	2	4	3	0	3
<b>Zoarien</b>	11	1	12	27	24	51	10	2	12	15	0	15
<b>Taxa /100cm²</b>	5	1,25	5	6,06	9,09	9,09	6,25	3,13	6,25	4,76	0	4,76
<b>Zoarien /100cm²</b>	13,8	1,25	15	40,9	36,4	77,3	15,6	3,13	18,8	23,8	0	23,8

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	90			64			63			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	4		4	4	5	9			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	5	6	11	2		2			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	1		1		1	1			0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	3	5	8	1	2	3	1		1
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>		1	1	4	9	13			0	1		1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	2	1	3	2		2	7	3	10	14	2	16
<i>Tubulipora spec</i>	1		1			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	4	2	5	5	5	6	3	2	3	3	1	3
<b>Zoarien</b>	8	2	10	18	26	44	10	5	15	16	2	18
<b>Taxa /100cm²</b>	4,44	2,22	5,56	7,81	7,81	9,38	4,76	3,17	4,76	3	1	3
<b>Zoarien /100cm²</b>	8,89	2,22	11,1	28,1	40,6	68,8	15,9	7,94	23,8	16	2	18

**Tabelle A 13**



**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 10m  
Sektor oben**

**Zylinder3**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	72			42			42			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	2		2		2	2	1		1			0
<i>Celleporina spec.</i>			0		3	3			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	1		1			0			0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0	1	1	2	2		2
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0		10	10	2		2			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	1		1		3	3			0	11		11
<i>Tubulipora spec</i>			0			0			0			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	3	0	3	0	4	4	3	1	3	2	0	2
<b>Zoarien</b>	4	0	4	0	18	18	4	1	5	13	0	13
<b>Taxa /100cm²</b>	4,17	0	4,17	0	9,52	9,52	7,14	2,38	7,14	2	0	2
<b>Zoarien /100cm²</b>	5,56	0	5,56	0	42,9	42,9	9,52	2,38	11,9	13	0	13

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	63			49			48			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	1		1			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0	2	2	4			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0		1	1			0			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0		1	1	1	1	2		2	2
<i>Tubulipora spec</i>			0			0	2	3	5		5	5
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	0	0	0	1	2	3	3	3	3	0	2	2
<b>Zoarien</b>	0	0	0	1	2	3	5	6	11	0	7	7
<b>Taxa /100cm²</b>	0	0	0	2,04	4,08	6,12	6,25	6,25	6,25	0	2	2
<b>Zoarien /100cm²</b>	0	0	0	2,04	4,08	6,12	10,4	12,5	22,9	0	7	7

**Tabelle A 14**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m  
Sektor rechts**

**Zylinder4**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	81			90			64			72		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0		1	1			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	2	4	6			0			0
<i>Celleporina spec.</i>	4		4			0	3		3	2		2
<i>Crisia spec.</i>			0	1		1			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	7		7			0	8		8			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>	1		1	9	6	15	4	6	10			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>		5	5	9	9	18	2	1	3		1	1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0	1		1			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	6	2	8	7	4	11	4	1	5	5	8	13
<i>Tubulipora spec</i>	1		1	1	1	2	2	1	3	8		8
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0	2		2			0
<b>Taxa</b>	5	2	6	6	5	6	8	5	9	3	2	4
<b>Zoarien</b>	19	7	26	29	24	53	26	10	36	15	9	24
<b>Taxa /100cm²</b>	6,17	2,47	7,41	6,67	5,56	6,67	12,5	7,81	14,1	4,17	2,78	5,56
<b>Zoarien /100cm²</b>	23,5	8,64	32,1	32,2	26,7	58,9	40,6	15,6	56,3	20,8	12,5	33,3

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	81			72			54			96		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0	1		1			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	2		2	3	1	4			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0	1	1	2			0
<i>Parasmittina spec.</i>	4	2	6	6		6			0			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0	14	8	22			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0	14	7	21	12	6	18			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0	1		1			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0			0	3	3	6	17	25	42
<i>Tubulipora spec</i>	1		1			0	7	4	11	1	5	6
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0	2		2			0
<b>Taxa</b>	2	1	2	4	1	4	8	6	8	2	2	2
<b>Zoarien</b>	5	2	7	23	7	30	43	23	66	18	30	48
<b>Taxa /100cm²</b>	2,47	1,23	2,47	5,56	1,39	5,56	14,8	11,1	14,8	2,08	2,08	2,08
<b>Zoarien /100cm²</b>	6,17	2,47	8,64	31,9	9,72	41,7	79,6	42,6	122	18,8	31,3	50

**Tabelle A 15**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m  
Sektor oben**

**Zylinder4**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	56			63			63			90		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0	1		1	1		1			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>	11		11	1		1	3		3	1		1
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0	1	1	2			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0	3	3	6			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	3		3	17	1	18	5	1	6			0
<i>Puellina harmeri</i>			0	1		1			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0	1		1			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0			0	14	16	30	32	6	38
<i>Tubulipora spec</i>	13		13	4	1	5	8	1	9			0
<i>Watersipora subtorquata</i>	1		1			0	1		1			0
<b>Taxa</b>	4	0	4	5	2	5	9	5	9	2	1	2
<b>Zoarien</b>	28	0	28	24	2	26	37	22	59	33	6	39
<b>Taxa /100cm²</b>	7,14	0	7,14	7,94	3,17	7,94	14,3	7,94	14,3	2,22	1,11	2,22
<b>Zoarien /100cm²</b>	50	0	50	38,1	3,17	41,3	58,7	34,9	93,7	36,7	6,67	43,3

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	64			72			72			72		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0			0	1		1			0
<i>Celleporina spec.</i>		1	1		7	7		2	2		1	1
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>		1	1		0	0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	3		3		1	1	1	1	2	2		2
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0	1	4	5
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>		3	3	1	4	5	1	2	3	1		1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0		3	3		2	2			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>		1	1	1	10	11	10	7	17	3	5	8
<i>Tubulipora spec</i>		2	2		2	2		3	3			0
<i>Watersipora subtorquata</i>		1	1			0	1	1	2			0
<b>Taxa</b>	1	6	7	2	6	6	5	7	8	4	3	5
<b>Zoarien</b>	3	9	12	2	27	29	14	18	32	7	10	17
<b>Taxa /100cm²</b>	1,56	9,38	10,9	2,78	8,33	8,33	6,94	9,72	11,1	5,56	4,17	6,94
<b>Zoarien /100cm²</b>	4,69	14,1	18,8	2,78	37,5	40,3	19,4	25	44,4	9,72	13,9	23,6

**Tabelle A 16**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m  
Sektor rechts**

**Zylinder5**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	90			72			56			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0	2		2			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0	2		2
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	1	1	2			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	8	1	9	4	1	5			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0	5	12	17	8	3	11	2	6	8
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	2		2	11	12	23	1	2	3
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	4	5	9			0	5	2	7		1	1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0	1		1			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	4		4	2		2	12	7	19
<i>Tubulipora spec</i>	1	1	2	1		1	5		5			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0	1		1			0
<b>Taxa</b>	3	3	3	7	2	7	7	4	7	4	4	5
<b>Zoarien</b>	6	7	13	23	13	36	36	18	54	17	16	33
<b>Taxa /100cm²</b>	3,33	3,33	3,33	9,72	2,78	9,72	12,5	7,14	12,5	4	4	5
<b>Zoarien /100cm²</b>	6,67	7,78	14,4	31,9	18,1	50	64,3	32,1	96,4	17	16	33

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	90			81			60			100		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0	2		2			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0	1		1			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	5	1	6	5		5			0
<i>Celleporina spec.</i>	3		3	1		1			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	4		4	7	2	9	10	2	12	2	2	4
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	1	3	4		6	6			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0	1	2	3			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>		3	3		1	1	3	1	4			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	2		2	3	3	6	10	12	22	1	7	8
<i>Tubulipora spec</i>			0	3	6	9	3		3	2	20	22
<i>Watersipora subtorquata</i>	5		5	1		1			0			0
<b>Taxa</b>	4	1	5	10	7	11	5	4	6	3	3	3
<b>Zoarien</b>	14	3	17	25	18	43	31	21	52	5	29	34
<b>Taxa /100cm²</b>	4,44	1,11	5,56	12,3	8,64	13,6	8,33	6,67	10	3	3	3
<b>Zoarien /100cm²</b>	15,6	3,33	18,9	30,9	22,2	53,1	51,7	35	86,7	5	29	34

**Tabelle A 17**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m  
Sektor oben**

**Zylinder5**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	88			63			63			99		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>	1		1			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>	1		1	1		1			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	8		8	3		3			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0			0	6	2	8	4	2	6
<i>Parasmittina parsevalii</i>	2		2			0	3	3	6			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	2		2	4	3	7	1		1			0
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0	4		4			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0	3	2	5	18	9	27	21	11	32
<i>Tubulipora spec</i>	2		2	10		10	12	5	17			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0	2		2			0
<b>Taxa</b>	5	0	5	6	2	6	7	4	7	2	2	2
<b>Zoarien</b>	8	0	8	30	5	35	45	19	64	25	13	38
<b>Taxa /100cm²</b>	5,68	0	5,68	9,52	3,17	9,52	11,1	6,35	11,1	2,02	2,02	2,02
<b>Zoarien /100cm²</b>	9,09	0	9,09	47,6	7,94	55,6	71,4	30,2	102	25,3	13,1	38,4

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	81			72			81			81		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0	1	1	2			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0		1	1		3	3
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0		1	1			0			0
<i>Celleporina spec.</i>	1	4	5		3	3		5	5		1	1
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0		1	1			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	9		9			0	1	3	4		2	2
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	5	1	6		1	1	1		1
<i>Parasmittina serrula</i>			0	2	1	3			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>		9	9		2	2			0	1	1	2
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>			0			0	1	5	6	1	3	4
<i>Tubulipora spec</i>	2	6	8	1	6	7		1	1	3	1	4
<i>Watersipora subtorquata</i>		2	2		1	1			0		4	4
<b>Taxa</b>	3	4	5	4	9	9	2	6	6	4	7	8
<b>Zoarien</b>	12	21	33	9	17	26	2	16	18	6	15	21
<b>Taxa /100cm²</b>	3,7	4,94	6,17	5,56	12,5	12,5	2,47	7,41	7,41	4,94	8,64	9,88
<b>Zoarien /100cm²</b>	14,8	25,9	40,7	12,5	23,6	36,1	2,47	19,8	22,2	7,41	18,5	25,9

**Tabelle A 18**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m**  
**Sektor rechts**

**Zylinder6**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	90			100			45			80		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>		1	1	1		1			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>	1		1	3	5	8			0			0
<i>Celleporina spec.</i>	5		5	2	5	7	6		6	1		1
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	1		1	6	6	12	3	3	6	5		5
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0	16	22	38	2	1	3			0
<i>Parasmittina tropica</i>												
<i>Puellina harmeri</i>			0	1		1			0			0
<i>Puellina innominata</i>												
<i>Rhynchozoon spec.</i>	1		1			0			0			
<i>Tubulipora spec</i>	2		2		2	2	1		1	3		3
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	5	1	6	6	5	7	4	2	4	3	0	3
<b>Zoarien</b>	10	1	11	29	40	69	12	4	16	9	0	9
<b>Taxa /100cm²</b>	5,56	1,11	6,67	6	5	7	8,89	4,44	8,89	3,75	0	3,75
<b>Zoarien /100cm²</b>	11,1	1,11	12,2	29	40	69	26,7	8,89	35,6	11,3	0	11,3

**Sektor links**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	90			72			72			81		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0			0			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0	4	3	7	1		1			0
<i>Celleporina spec.</i>	1		1	2	3	5			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	2	1	3		2	2		7	7			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	5	6	11	18	11	29		1	1
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>			0	4	3	7			0		1	1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	3	3	6		10	10	4	2	6	7	10	17
<i>Tubulipora spec</i>			0	1	3	4		1	1	3	5	8
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0		2	2			0
<b>Taxa</b>	3	2	3	5	7	7	3	5	6	2	4	4
<b>Zoarien</b>	6	4	10	16	30	46	23	23	46	10	17	27
<b>Taxa /100cm²</b>	3,33	2,22	3,33	6,94	9,72	9,72	4,17	6,94	8,33	2,47	4,94	4,94
<b>Zoarien /100cm²</b>	6,67	4,44	11,1	22,2	41,7	63,9	31,9	31,9	63,9	12,3	21	33,3

**Tabelle A 19**

**Bryozoen auf den Probestücken aus den Zylindern in 20m  
Sektor oben**

**Zylinder6**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	81			81			81			72		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0	1		1			0			0
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0			0			0			0
<i>Celleporina spec.</i>			0	4		4			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>	1	2	3			0	10		10			0
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	1	1	2		21	21			0
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	3		3	8	17	25		1	1	2	1	3
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>	6		6	15	6	21	15	19	34	8	15	23
<i>Tubulipora spec</i>	1		1	6		6	1	1	2			0
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0			0			0
<b>Taxa</b>	4	1	4	6	3	6	3	4	5	2	2	2
<b>Zoarien</b>	11	2	13	35	24	59	26	42	68	10	16	26
<b>Taxa /100cm²</b>	4,94	1,23	4,94	7,41	3,7	7,41	3,7	4,94	6,17	2,78	2,78	2,78
<b>Zoarien /100cm²</b>	13,6	2,47	16	43,2	29,6	72,8	32,1	51,9	84	13,9	22,2	36,1

**Sektor unten**

Expositionszeit	Anzahl der Zoarien/Ancestrulae											
	6 Monate			12 Monate			18 Monate			30 Monate		
Fläche [cm²]	72			104			64			72		
Substratseite/Gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt	innen	außen	gesamt
Arten/Taxa												
<i>Aetea spec.</i>			0			0			0			0
<i>Arthropoma cecillii</i>			0		1	1		1	1		2	2
<i>Bugula plumosa</i>			0			0			0			0
<i>Celleporaria f. aperta</i>			0		2	2		2	2			0
<i>Celleporina spec.</i>		1	1		7	7			0			0
<i>Crisia spec.</i>			0			0			0			0
<i>Disporella cf. hispida</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina spec.</i>			0	5	2	7		9	9		5	5
<i>Parasmittina parsevalii</i>			0	15	14	29	27	13	40		1	1
<i>Parasmittina serrula</i>			0			0			0			0
<i>Parasmittina tropica</i>	5	8	13	7	21	28		3	3		1	1
<i>Puellina harmeri</i>			0			0			0			0
<i>Puellina innominata</i>			0			0			0			0
<i>Rhynchozoon spec.</i>		2	2	5	6	11	10	20	30	10	14	24
<i>Tubulipora spec</i>		1	1		4	4	2	4	6	2	3	5
<i>Watersipora subtorquata</i>			0			0		2	2			0
<b>Taxa</b>	1	4	4	4	8	8	3	8	8	2	6	6
<b>Zoarien</b>	5	12	17	32	57	89	39	54	93	12	26	38
<b>Taxa /100cm²</b>	1,39	5,56	5,56	3,85	7,69	7,69	4,69	12,5	12,5	2,78	8,33	8,33
<b>Zoarien /100cm²</b>	6,94	16,7	23,6	30,8	54,8	85,6	60,9	84,4	145	16,7	36,1	52,8

**Tabelle A 20**

# Weideaktivitäten über den vertikal orientierten Substratplatten

(angegeben in N Fische fressend)

Substrattypen: S = Summe, EES = EES-Platten, K = Korallenskelettsubstrate, B = Betonsubstrate

Beginn der Stunde		06:30				07:30				08:30				09:30				10:30				11:30			
Substrattyp		S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B
Familie	Art																								
Pomacentridae	<i>Pomacentrus aquilus</i>																								
	<i>Pomacentrus trichourus</i>	1			1																				
Labridae	<i>Anampses twistii</i>																								
	<i>O. Mentalis</i>	1	1																						
	<i>Cheilinus abudjubbe</i>																								
Scaridae	<i>Scarus ferrugineus</i>												1												
	<i>Scarus niger</i>													1				1				2			
Chaetodontidae	<i>Chaetodon paucifasciatus</i>								1				1												
Pomacanthidae	<i>Genicanthus caudovittatus</i>																								
Acanthuridae	<i>Zebrasoma xanthurum</i>								1																
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>												1												1
	<i>Ctenochaetus striatus</i>																	1	1	1		1	1	2	
Balistidae	<i>Sufflamen albicaudatus</i>																								
Monacanthidae	<i>Amanses scopas</i>																								
	<i>non. det.</i>		1																						
Summe		3	2	0	1	2	0	0	2	3	0	1	2	1	1	0	0	4	2	1	1	7	3	1	3
Fraßminuten		6	4	0	2	4	0	0	4	6	0	2	4	2	2	0	0	8	4	2	2	14	6	2	6

Beginn der Stunde		12:30				13:30				14:30				15:30				16:30				17:30			
Substrattyp		S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B
Familie	Art																								
Pomacentridae	<i>Pomacentrus aquilus</i>			2									1								2				
	<i>Pomacentrus trichourus</i>								1		1						2				1				
Labridae	<i>Anampses twistii</i>																								
	<i>Cheilinus abudjubbe</i>													1											
Scaridae	<i>Scarus ferrugineus</i>																								
	<i>Scarus niger</i>						3	1			2	3			6				3	1				1	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon paucifasciatus</i>						3	1									1	1		1			1		
Pomacanthidae	<i>Genicanthus caudovittatus</i>																								
Acanthuridae	<i>Zebrasoma xanthurum</i>				1		2				3										1				
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>		1	2			6		2		7		2		3		2		1	3					1
	<i>Ctenochaetus striatus</i>		1		1		3		2		4		3		6	1									1
Balistidae	<i>Sufflamen albicaudatus</i>																								
Monacanthidae	<i>Amanses scopas</i>																			1					
	<i>non. det.</i>										1									1					
Summe		8	2	4	2	24	17	2	5	27	18	3	6	23	16	2	5	16	5	7	4	4	1	1	2
Fraßminuten		16	4	8	4	48	34	4	10	54	36	6	12	46	32	4	10	32	10	14	8	8	2	2	4

Tabelle A 21



# Weideaktivitäten über den horizontal orientierten Substratplatten

(angegeben in N Fische fressend)

Substrattypen: S = Summe, EES = EES-Platten, K = Korallenskelettsubstrate, B = Betonsubstrate

Beginn der Stunde		06:30				07:30				08:30				09:30				10:30				11:30			
Substrattyp		S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B
Familie	Art																								
Pomacentridae	<i>Pomacentrus aquilus</i>													1		1		1			1	1			1
	<i>Pomacentrus trichourus</i>	2	1		1	6	4	2		2			2												
Labridae	<i>Anampses twistii</i>	1		1		1												2			2				
	<i>Cheilinus abudjubbe</i>																	1		1		1		1	
Scaridae	<i>Scarus ferrugineus</i>													1	1										
	<i>Scarus niger</i>					1		1						1	1						2	2			
Chaetodontidae	<i>Chaetodon paucifasciatus</i>	2		2		2	1	1		1		1		2	2										
Pomacanthidae	<i>Genicanthus caudovittatus</i>					1			1																
Acanthuridae	<i>Zebrasoma xanthurum</i>					1		1						1	1										
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	2		1	1									3	2		1				2	1		1	
	<i>Ctenochaetus striatus</i>													2	1		1				3	2		1	
Balistidae	<i>Sufflamen albicaudatus</i>									1			1												
Monacanthidae	<i>Amanses scopas</i>	1			1									1		1									
	<i>non. det.</i>					2	1		1	3		1	2					1		1					
Summe		8	1	4	3	14	6	5	2	7	0	2	5	12	8	2	2	5	0	2	3	9	5	1	3
Fraßminuten		16	2	8	6	28	12	10	4	14	0	4	10	24	16	4	4	10	0	4	6	18	10	2	6

Beginn der Stunde		12:30				13:30				14:30				15:30				16:30				17:30			
Substrattyp		S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B	S	EES	K	B
Familie	Art																								
Pomacentridae	<i>Pomacentrus aquilus</i>	1		1		2	1	1		1			1	1			1					1	1		
	<i>Pomacentrus trichourus</i>	1			1	3	2	1		1	1			3	2		1								
Labridae	<i>Anampses twistii</i>	2	1	1		1		1										1			1				
	<i>Cheilinus abudjubbe</i>																								
Scaridae	<i>Scarus ferrugineus</i>																	4		4		1	1		
	<i>Scarus niger</i>	5	4	1		5	3	2		4	2	2		4	4			11	8	2	1	3	3		
Chaetodontidae	<i>Chaetodon paucifasciatus</i>	1	1			1	1							1	1			2		2					
Pomacanthidae	<i>Genicanthus caudovittatus</i>					2																			
Acanthuridae	<i>Zebrasoma xanthurum</i>					1			1	3	3							4	1	2	1	1		1	
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>					1	1			9	6	3		1	1			14	7	3	4	1	1		
	<i>Ctenochaetus striatus</i>					4	3		1	8	5	2	1	2	1		1	5	2		3	5	2		3
Balistidae	<i>Sufflamen albicaudatus</i>																								
Monacanthidae	<i>Amanses scopas</i>																	3		2	1				
	<i>non. det.</i>	2	2							1	1			2	1	1									
Summe		12	8	3	1	20	11	5	2	27	18	7	2	14	10	1	3	44	18	15	11	12	8	1	3
Fraßminuten		24	16	6	2	40	22	10	4	54	36	14	4	28	20	2	6	88	36	30	22	24	16	2	6

Tabelle A 22

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mmmm

10m vertikal Norden Platte A								10m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	26,6	30,0	29,5	29,7	29,9	29,3	30,7	0	28,8	30,1	30,0	29,8	29,7	28,9	29,0
1	28,9	29,7	29,0	29,4	30,4	30,1	29,5	1	28,8	29,7	29,8	29,2	29,2	28,7	29,7
2	28,8	28,9	29,3	29,1	29,2	29,5	27,6	2	28,8	29,3	28,4	29,1	29,0	28,1	28,9
3	29,3	29,0	29,0	27,6	28,9	29,1	28,7	3	28,7	29,5	25,6	26,7	28,9	28,8	27,9
4	29,7	29,0	29,0	26,7	30,2	28,9	28,6	4	30,6	28,9	24,6	26,7	28,7	28,7	28,0
5	28,6	28,8	28,9	28,2	29,8	28,0	28,8	5	29,4	29,1	29,2	28,6	28,5	29,7	27,3
6	29,1	28,8	29,1	29,0	28,9	26,6	28,9	6	29,5	29,3	29,0	29,6	28,8	29,3	26,8
7	29,2	28,7	28,6	29,3	30,5	26,9	29,4	7	29,1	28,8	27,9	29,1	29,2	28,9	28,3
8	28,7	29,4	27,6	29,2	28,7	30,3	28,8	8	30,1	28,7	27,1	28,9	28,3	28,8	27,6
9	29,9	28,9	29,1	30,0	29,0	28,9	29,8	9	28,7	28,8	26,5	28,8	29,1	29,6	28,7
10	28,9	27,6	27,4	29,1	30,0	28,9	30,3	10	28,9	28,8	27,9	29,5	28,6	28,8	29,1
11	28,5	25,5	26,1	28,9	29,1	29,8	29,0	11	28,9	28,4	30,8	29,2	28,9	28,7	30,2
12	28,8	24,1	25,4	29,3	30,3	28,9	28,7	12	28,9	28,1	29,0	31,1	29,1	28,8	29,2
13	28,8	24,5	27,8	29,2	29,7	28,8	28,6	13	28,4	28,4	28,3	28,9	28,5	28,3	29,1
14	29,9	25,8	29,0	28,9	28,9	28,9	30,0	14	28,2	28,1	28,9	28,8	29,0	29,0	29,9
15	28,6	28,6	29,2	30,7	28,8	29,6	29,1	15	28,6	28,8	28,9	28,4	29,8	28,2	28,9
Summe	461,8	447,2	453,8	464,1	472,3	462,3	466,3	Summe	464,5	462,7	451,9	462,4	463,3	461,3	458,6
MAX	29,9	30,0	29,5	30,7	30,5	30,3	30,7	MAX	30,6	30,1	30,8	31,1	29,8	29,9	30,2
MIN	26,6	24,1	25,4	26,7	28,7	26,6	27,6	MIN	28,2	28,1	24,6	26,7	28,3	28,1	26,8
Mittelwert	28,862	27,951	28,36	29,006	29,518	28,896	29,141	Mittelwert	29,033	28,917	28,245	28,897	28,958	28,83	28,664
STABW	0,7521	1,8921	1,2003	0,9212	0,6397	1,0146	0,7519	STABW	0,6107	0,5605	1,6241	1,0572	0,3957	0,4305	0,9596
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	28,4	25,0	25,5	25,3	25,1	25,7	24,4	0	26,2	24,9	25,1	25,2	25,4	26,1	26,0
1	26,1	25,3	26,1	25,6	24,6	24,9	25,5	1	26,2	25,3	25,3	25,8	25,8	26,3	25,3
2	26,3	26,1	25,7	25,9	25,8	25,5	27,4	2	26,2	25,7	26,6	25,9	26,0	26,9	26,1
3	25,8	26,0	26,0	27,5	26,1	25,9	26,3	3	26,3	25,5	29,4	28,3	26,1	26,3	27,1
4	25,3	26,0	26,0	28,3	24,9	26,1	26,4	4	24,4	26,1	30,4	28,3	26,3	26,3	27,0
5	26,5	26,2	26,1	26,8	25,2	27,0	26,3	5	25,6	25,9	25,8	26,5	26,5	25,3	27,7
6	25,9	26,2	25,9	26,0	26,1	28,4	26,1	6	25,5	25,7	26,0	25,4	26,2	25,8	28,2
7	25,8	26,3	26,4	25,7	24,5	28,2	25,6	7	25,9	26,2	27,1	26,0	25,8	26,1	26,7
8	26,4	25,6	27,4	25,9	26,3	24,7	26,2	8	24,9	26,3	27,9	26,1	26,7	26,2	27,4
9	25,2	26,1	26,0	25,1	26,0	26,1	25,2	9	26,3	26,3	28,6	26,2	25,9	25,4	26,3
10	26,1	27,4	27,6	25,9	25,0	26,2	24,8	10	26,2	26,2	27,1	25,6	26,4	26,2	25,9
11	26,5	29,5	28,9	26,1	25,9	25,2	26,0	11	26,1	26,7	24,2	25,8	26,1	26,3	24,8
12	26,3	30,9	29,7	25,7	24,7	26,1	26,3	12	26,1	26,9	26,0	23,9	25,9	26,3	25,8
13	26,2	30,5	27,2	25,8	25,3	26,3	26,4	13	26,6	26,6	26,7	26,1	26,5	26,7	25,9
14	25,1	29,2	26,1	26,1	26,1	26,1	25,1	14	26,8	26,9	26,1	26,2	26,0	26,0	25,1
15	26,4	26,4	25,8	24,3	26,2	25,4	25,9	15	26,4	26,2	26,1	26,6	25,2	26,8	26,1
Summe	418,2	432,8	426,2	415,9	407,7	417,7	413,7	Summe	415,5	417,3	428,1	417,7	416,7	418,7	421,4
MAX	28,4	30,9	29,7	28,3	26,3	28,4	27,4	MAX	26,8	26,9	30,4	28,3	26,7	26,9	28,2
MIN	25,1	25,0	25,5	24,3	24,5	24,7	24,4	MIN	24,4	24,9	24,2	23,9	25,2	25,3	24,8
Mittelwert	26,138	27,049	26,64	25,994	25,483	26,104	25,859	Mittelwert	25,967	26,083	26,755	26,103	26,042	26,17	26,336
STABW	0,7521	1,8921	1,2003	0,9212	0,6397	1,0146	0,7519	STABW	0,6107	0,5605	1,6241	1,0572	0,3957	0,4305	0,9596
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	-1,9	1,5	1,0	1,2	1,4	0,8	2,2	0	0,3	1,6	1,5	1,3	1,2	0,4	0,5
1	0,4	1,2	0,4	0,9	1,9	1,6	1,0	1	0,3	1,2	1,3	0,7	0,7	0,2	1,2
2	0,3	0,4	0,8	0,6	0,7	1,0	-0,9	2	0,3	0,8	-0,1	0,6	0,5	-0,4	0,4
3	0,8	0,5	0,5	-0,9	0,4	0,6	0,2	3	0,2	1,0	-2,9	-1,8	0,4	0,3	-0,6
4	1,2	0,5	0,5	-1,8	1,7	0,4	0,1	4	2,1	0,4	-3,9	-1,8	0,2	0,2	-0,5
5	0,1	0,3	0,4	-0,3	1,3	-0,5	0,3	5	0,9	0,6	0,7	0,1	0,0	1,2	-1,2
6	0,6	0,3	0,6	0,5	0,4	-1,9	0,4	6	1,0	0,8	0,5	1,1	0,3	0,8	-1,7
7	0,7	0,2	0,1	0,8	2,0	-1,7	0,9	7	0,6	0,3	-0,6	0,6	0,7	0,4	-0,2
8	0,1	0,9	-0,9	0,6	0,2	1,8	0,3	8	1,6	0,2	-1,4	0,4	-0,2	0,3	-0,9
9	1,4	0,4	0,6	1,5	0,5	0,4	1,3	9	0,2	0,3	-2,1	0,3	0,6	1,1	0,2
10	0,4	-0,9	-1,1	0,6	1,5	0,4	1,8	10	0,4	0,3	-0,6	0,9	0,1	0,3	0,6
11	0,0	-3,0	-2,4	0,4	0,6	1,3	0,5	11	0,4	-0,1	2,3	0,7	0,4	0,2	1,7
12	0,3	-4,4	-3,2	0,8	1,8	0,4	0,2	12	0,4	-0,4	0,5	2,6	0,6	0,3	0,7
13	0,3	-4,0	-0,7	0,7	1,2	0,3	0,1	13	-0,1	-0,1	-0,2	0,4	0,0	-0,2	0,6
14	1,4	-2,7	0,4	0,4	0,4	0,4	1,5	14	-0,3	-0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	1,4
15	0,1	0,1	0,7	2,2	0,3	1,1	0,6	15	0,1	0,3	0,4	-0,1	1,3	-0,3	0,4
Summe	5,8	-8,8	-2,2	8,1	16,3	6,3	10,3	Summe	8,5	6,7	-4,1	6,4	7,3	5,3	2,6
MAX	1,4	1,5	1,0	2,2	2,0	1,8	2,2	MAX	2,1	1,6	2,3	2,6	1,3	1,2	1,7
MIN	-1,9	-4,4	-3,2	-1,8	0,2	-1,9	-0,9	MIN	-0,3	-0,4	-3,9	-1,8	-0,2	-0,4	-1,7
Mittelwert	0,3619	-0,549	-0,14	0,5056	1,0175	0,3963	0,6413	Mittelwert	0,5331	0,4169	-0,255	0,3969	0,4581	0,33	0,1638
STABW	0,7521	1,8921	1,2003	0,9212	0,6397	1,0146	0,7519	STABW	0,6107	0,5605	1,6241	1,0572	0,3957	0,4305	0,9596

Tabelle A 23

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Norden Platte A								20m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,3	28,7	31,1	30,1	28,7	30,6	29,3	0	31,7	28,8	29,1	28,9	28,7	30,5	28,9
1	28,5	29,0	28,9	28,6	28,9	30,0	28,7	1	29,2	28,2	29,2	29,6	28,8	29,4	29,1
2	28,5	28,0	28,7	27,8	28,9	28,8	29,0	2	29,1	26,6	29,2	29,8	28,7	28,9	28,6
3	29,5	28,4	29,0	29,1	28,8	29,0	29,1	3	28,8	26,5	28,3	28,8	29,4	26,4	28,7
4	28,3	28,9	28,6	29,0	28,6	28,9	28,1	4	28,7	28,8	29,0	28,6	29,2	29,9	28,5
5	29,2	28,5	29,0	29,3	28,7	28,6	29,2	5	28,9	29,1	29,6	29,0	30,4	29,1	28,0
6	29,3	29,4	28,7	29,4	28,6	28,5	28,4	6	28,5	30,0	29,0	29,1	29,0	29,6	68,0
7	28,5	28,4	28,8	28,7	28,7	27,1	26,5	7	28,3	29,1	28,9	28,9	28,7	29,0	28,9
8	28,7	28,5	28,7	29,1	28,6	28,1	28,0	8	28,7	29,0	28,4	29,8	28,5	29,0	30,4
9	28,5	28,5	28,8	28,7	27,8	25,7	27,7	9	28,8	28,7	28,2	29,2	28,6	29,7	29,6
10	28,7	29,0	28,2	28,4	27,9	27,0	27,5	10	28,7	27,6	28,9	28,8	28,6	28,7	28,5
11	28,6	29,3	28,1	28,6	28,1	28,4	28,2	11	28,7	28,0	28,6	27,8	29,4	28,7	28,1
12	28,5	28,8	27,9	28,5	25,3	27,9	28,7	12	28,9	28,6	28,3	28,1	28,6	27,0	27,7
13	29,6	29,2	28,3	28,4	28,7	27,8	29,6	13	28,6	28,8	28,7	28,1	28,7	29,4	25,9
14	28,5	28,6	29,2	28,9	28,7	28,4	27,7	14	28,7	28,2	28,7	28,1	28,5	30,1	28,5
15	28,6	28,8	28,0	28,5	29,3	28,5	28,2	15	28,7	28,9	28,6	27,5	28,3	26,4	27,9
Summe	460,5	460,0	459,8	461,0	454,4	453,3	453,9	Summe	463,0	454,8	460,6	460,2	462,1	461,8	495,1
MAX	29,6	29,4	31,1	30,1	29,3	30,6	29,6	MAX	31,7	30,0	29,6	29,8	30,4	30,5	68,0
MIN	28,3	28,0	27,9	27,8	25,3	25,7	26,5	MIN	28,3	26,5	28,2	27,5	28,3	26,4	25,9
Mittelwert	28,784	28,751	28,737	28,814	28,401	28,331	28,367	Mittelwert	28,939	28,426	28,784	28,762	28,881	28,859	30,945
STABW	0,4189	0,3694	0,7426	0,5203	0,9	1,1556	0,8087	STABW	0,7695	0,9108	0,3816	0,7	0,5126	1,2368	9,9287
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	54,0	50,0	45,0	40,0	35,0	30,0	25,0	0	23,3	26,2	25,9	26,1	26,4	24,6	26,1
1	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	1	25,8	26,8	25,8	25,4	26,2	25,6	25,9
2	25,7	26,3	23,9	24,9	26,3	24,4	25,7	2	25,9	28,4	25,9	25,2	26,3	26,1	26,5
3	26,5	26,0	26,2	26,4	26,1	25,0	26,3	3	26,2	28,5	26,7	26,2	25,6	28,6	26,3
4	26,6	27,0	26,3	27,2	26,1	26,2	26,0	4	26,3	26,2	26,0	26,4	25,8	25,1	26,5
5	25,6	26,6	26,1	25,9	26,3	26,0	25,9	5	26,1	25,9	25,4	26,0	24,6	25,9	27,0
6	26,7	26,1	26,4	26,0	26,4	26,1	26,9	6	26,5	25,1	26,0	25,9	26,0	25,4	-13,0
7	25,8	26,6	26,0	25,7	26,3	26,4	25,9	7	26,8	25,9	26,1	26,1	26,3	26,0	26,1
8	25,8	25,6	26,3	25,7	26,4	26,5	26,6	8	26,3	26,0	26,6	25,2	26,5	26,0	24,6
9	26,5	26,6	26,2	26,3	26,4	27,9	28,6	9	26,3	26,3	26,8	25,8	26,4	25,3	25,4
10	26,3	26,5	26,3	25,9	26,4	26,9	27,0	10	26,3	27,4	26,1	26,2	26,4	26,3	26,5
11	26,5	26,5	26,2	26,3	27,2	29,3	27,3	11	26,3	27,0	26,4	27,2	25,6	26,3	26,9
12	26,3	26,0	26,8	26,6	27,1	28,0	27,5	12	26,1	26,4	26,7	26,9	26,4	28,0	27,3
13	26,4	25,7	26,9	26,4	26,9	26,6	26,8	13	26,4	26,2	26,3	26,9	26,3	25,6	29,1
14	26,6	26,2	27,1	26,6	29,7	27,1	26,3	14	26,3	26,8	26,3	26,9	26,5	24,9	26,5
15	25,4	25,8	26,7	26,7	26,3	27,2	25,4	15	26,3	26,1	26,4	27,5	26,7	28,6	27,2
Summe	475,5	472,4	467,4	461,4	463,6	458,6	452,0	Summe	417,0	425,2	419,5	419,8	417,9	418,3	384,9
MAX	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	MAX	26,8	28,5	26,8	27,5	26,7	28,6	29,1
MIN	25,4	25,6	23,9	24,9	26,1	24,4	25,0	MIN	23,3	25,1	25,4	25,2	24,6	24,6	-13,0
Mittelwert	29,719	29,525	29,211	28,839	28,976	28,665	28,25	Mittelwert	26,061	26,574	26,216	26,238	26,119	26,141	24,055
STABW	9,6836	9,0224	8,3483	7,7993	7,2941	7,1647	7,1872	STABW	0,7695	0,9108	0,3816	0,7	0,5126	1,2368	9,9287
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	0,8	0,2	2,6	1,6	0,2	2,1	0,8	0	3,2	0,3	0,6	0,4	0,1	2,0	0,4
1	0,0	0,5	0,4	0,1	0,4	1,5	0,2	1	0,7	-0,3	0,7	1,1	0,3	0,9	0,6
2	-0,1	-0,5	0,2	-0,7	0,4	0,3	0,5	2	0,6	-1,9	0,6	1,3	0,2	0,4	0,1
3	0,9	-0,1	0,4	0,6	0,3	0,5	0,6	3	0,3	-2,0	-0,2	0,3	0,9	-2,1	0,2
4	-0,2	0,4	0,1	0,5	0,1	0,4	-0,4	4	0,2	0,3	0,5	0,1	0,7	1,4	0,0
5	0,7	-0,1	0,5	0,8	0,2	0,1	0,6	5	0,4	0,6	1,1	0,5	1,9	0,6	-0,5
6	0,8	0,9	0,2	0,9	0,1	0,0	-0,1	6	0,0	1,5	0,5	0,6	0,5	1,1	39,5
7	0,0	-0,1	0,3	0,2	0,1	-1,4	-2,1	7	-0,3	0,6	0,4	0,4	0,2	0,5	0,4
8	0,2	0,0	0,2	0,6	0,1	-0,4	-0,5	8	0,2	0,5	-0,1	1,3	0,0	0,5	1,9
9	0,0	0,0	0,3	0,2	-0,7	-2,8	-0,8	9	0,3	0,2	-0,3	0,7	0,1	1,2	1,1
10	0,2	0,5	-0,3	-0,1	-0,6	-1,5	-1,0	10	0,2	-0,9	0,4	0,3	0,1	0,2	0,0
11	0,1	0,8	-0,4	0,1	-0,4	-0,1	-0,3	11	0,2	-0,5	0,1	-0,7	0,9	0,2	-0,4
12	-0,1	0,3	-0,6	-0,1	-3,2	-0,6	0,2	12	0,4	0,1	-0,2	-0,4	0,1	-1,5	-0,8
13	1,1	0,7	-0,2	-0,1	0,2	-0,7	1,1	13	0,1	0,3	0,2	-0,4	0,2	0,9	-2,6
14	-0,1	0,1	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,8	14	0,2	-0,3	0,2	-0,4	0,0	1,6	0,0
15	0,1	0,3	-0,5	0,0	0,8	0,0	-0,3	15	0,2	0,4	0,1	-1,0	-0,2	-2,1	-0,6
Summe	4,5	4,0	3,8	5,0	-1,6	-2,7	-2,1	Summe	7,0	-1,2	4,6	4,2	6,1	5,8	39,1
MAX	1,1	0,9	2,6	1,6	0,8	2,1	1,1	MAX	3,2	1,5	1,1	1,3	1,9	2,0	39,5
MIN	-0,2	-0,5	-0,6	-0,7	-3,2	-2,8	-2,1	MIN	-0,3	-2,0	-0,3	-1,0	-0,2	-2,1	-2,6
Mittelwert	0,2838	0,2513	0,2369	0,3144	-0,099	-0,169	-0,133	Mittelwert	0,4394	-0,074	0,2844	0,2619	0,3806	0,3594	2,445
STABW	0,4189	0,3694	0,7426	0,5203	0,9	1,1556	0,8087	STABW	0,7695	0,9108	0,3816	0,7	0,5126	1,2368	9,9287

Tabelle A 24

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m horizontal Norden Platte A								10m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,2	29,4	29,2	28,6	28,9	29,3	28,5	0	29,2	28,5	27,1	29,0	28,6	28,9	28,3
1	28,5	28,7	28,5	28,0	28,3	27,7	29,2	1	28,4	28,2	29,0	29,2	28,3	29,1	27,9
2	28,5	26,6	28,8	28,3	28,3	28,8	28,9	2	28,2	28,2	29,0	28,6	28,6	28,4	29,0
3	28,4	30,9	27,4	28,4	28,2	28,8	27,8	3	27,9	28,7	27,8	28,3	28,4	28,9	28,5
4	28,7	30,5	27,7	28,9	28,5	29,4	29,1	4	27,8	28,8	29,4	29,7	28,6	28,5	28,7
5	28,5	28,4	28,7	29,7	26,6	29,3	28,8	5	28,4	29,8	28,6	28,7	27,6	27,4	29,1
6	29,3	28,7	28,7	28,5	28,0	29,2	28,8	6	28,3	28,4	29,2	28,8	28,8	28,1	27,1
7	28,1	28,1	28,4	28,7	28,6	28,6	28,8	7	29,0	29,4	28,8	29,1	29,0	27,4	28,7
8	28,9	30,3	26,6	28,4	29,5	26,7	28,0	8	29,1	28,9	28,8	28,8	29,2	28,5	29,2
9	28,4	28,8	28,6	28,2	28,7	28,2	28,3	9	28,4	30,9	29,8	27,6	30,0	28,8	29,1
10	28,9	28,8	28,8	27,8	28,3	28,7	29,3	10	28,7	28,6	28,8	28,2	28,4	28,7	29,4
11	29,0	29,1	28,8	28,9	27,6	29,2	28,4	11	29,1	28,7	28,8	28,6	28,9	28,8	28,9
12	28,8	29,3	28,3	28,4	27,9	29,0	29,1	12	29,0	28,7	29,4	28,9	28,9	29,6	28,5
13	30,6	27,5	28,6	28,5	28,8	29,2	28,3	13	29,0	28,8	28,7	28,5	29,3	29,2	30,5
14	29,0	29,0	27,7	28,8	28,4	28,8	29,3	14	29,2	28,6	29,6	29,2	28,6	29,1	31,6
15	28,8	28,6	28,4	29,4	29,6	29,0	27,0	15	29,0	28,7	28,8	29,3	29,9	30,8	29,1
Summe	461,6	462,7	453,2	457,5	454,1	459,9	457,6	Summe	458,7	461,8	461,7	460,6	461,2	460,1	463,5
MAX	30,6	30,9	29,2	29,7	29,6	29,4	29,3	MAX	29,2	30,9	29,8	29,7	30,0	30,8	31,6
MIN	28,1	26,6	26,6	27,8	26,6	26,7	27,0	MIN	27,8	28,2	27,1	27,6	27,6	27,4	27,1
Mittelwert	28,852	28,916	28,322	28,595	28,383	28,741	28,6	Mittelwert	28,666	28,859	28,859	28,784	28,824	28,754	28,969
STABW	0,5588	1,0595	0,6704	0,4847	0,7064	0,7099	0,6244	STABW	0,4663	0,6736	0,6635	0,4916	0,5929	0,8094	1,007
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,8	25,6	25,8	26,4	26,1	25,7	26,5	0	25,8	26,5	27,9	26,0	26,4	26,1	26,7
1	26,5	26,3	26,5	27,0	26,7	27,3	25,8	1	26,6	26,9	26,0	25,8	26,7	25,9	27,1
2	26,5	28,4	26,2	26,7	26,7	26,2	26,1	2	26,8	26,8	26,0	26,4	26,4	26,6	26,0
3	26,6	24,1	27,7	26,6	26,8	26,2	27,2	3	27,1	26,3	27,2	26,7	26,6	26,1	26,5
4	26,3	24,5	27,3	26,1	26,5	25,6	25,9	4	27,2	26,2	25,7	25,3	26,4	26,5	26,3
5	26,5	26,6	26,3	25,3	28,4	25,8	26,2	5	26,6	25,2	26,4	26,3	27,4	27,6	25,9
6	25,7	26,3	26,3	26,5	27,0	25,8	26,2	6	26,7	26,6	25,8	26,2	26,2	27,0	27,9
7	26,9	26,9	26,6	26,3	26,4	26,4	26,2	7	26,0	25,6	26,3	25,9	26,0	27,7	26,3
8	26,2	24,8	28,4	26,6	25,5	28,4	27,0	8	25,9	26,1	26,2	26,2	25,8	26,5	25,8
9	26,6	26,2	26,4	26,8	26,3	26,8	26,7	9	26,6	24,1	25,2	27,4	25,0	26,2	25,9
10	26,1	26,2	26,2	27,2	26,7	26,3	25,7	10	26,3	26,4	26,2	26,8	26,6	26,3	25,6
11	26,0	25,9	26,2	26,1	27,4	25,8	26,6	11	25,9	26,3	26,2	26,5	26,1	26,2	26,2
12	26,2	25,7	26,7	26,6	27,2	26,0	25,9	12	26,0	26,3	25,6	26,1	26,1	25,4	26,6
13	24,4	27,5	26,4	26,5	26,3	25,8	26,7	13	26,0	26,2	26,3	26,5	25,7	25,8	24,5
14	26,0	26,0	27,3	26,2	26,6	26,3	25,7	14	25,8	26,4	25,4	25,9	26,4	25,9	23,4
15	26,2	26,4	26,6	25,6	25,4	26,0	28,0	15	26,0	26,3	26,2	25,7	25,1	24,2	26,0
Summe	418,4	417,3	426,9	422,5	425,9	420,2	422,4	Summe	421,3	418,3	418,3	419,5	418,8	419,9	416,5
MAX	26,9	28,4	28,4	27,2	28,4	28,4	28,0	MAX	27,2	26,9	27,9	27,4	27,4	27,7	27,9
MIN	24,4	24,1	25,8	25,3	25,4	25,6	25,7	MIN	25,8	24,1	25,2	25,3	25,0	24,2	23,4
Mittelwert	26,148	26,084	26,678	26,405	26,617	26,259	26,4	Mittelwert	26,334	26,141	26,141	26,216	26,176	26,246	26,031
STABW	0,5588	1,0595	0,6704	0,4847	0,7064	0,7099	0,6244	STABW	0,4663	0,6736	0,6635	0,4916	0,5929	0,8094	1,007
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	0,7	0,9	0,7	0,1	0,4	0,8	0,0	0	0,7	0,0	-1,4	0,5	0,1	0,4	-0,2
1	0,0	0,2	0,0	-0,5	-0,2	-0,8	0,7	1	-0,1	-0,4	0,5	0,7	-0,2	0,6	-0,6
2	0,0	-1,9	0,3	-0,2	-0,2	0,3	0,4	2	-0,3	-0,3	0,5	0,1	0,1	-0,1	0,5
3	-0,1	2,4	-1,2	-0,1	-0,3	0,3	-0,7	3	-0,6	0,2	-0,7	-0,2	-0,1	0,4	0,0
4	0,2	2,0	-0,8	0,4	0,0	0,9	0,6	4	-0,7	0,3	0,9	1,2	0,1	0,0	0,2
5	0,0	-0,1	0,2	1,2	-1,9	0,8	0,3	5	-0,1	1,3	0,1	0,2	-0,9	-1,1	0,6
6	0,8	0,2	0,2	0,0	-0,5	0,7	0,3	6	-0,2	-0,1	0,7	0,3	0,3	-0,4	-1,4
7	-0,4	-0,4	-0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	7	0,5	0,9	0,3	0,6	0,5	-1,2	0,2
8	0,4	1,8	-1,9	-0,1	1,0	-1,9	-0,5	8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,7	0,0	0,7
9	-0,1	0,3	0,1	-0,3	0,2	-0,3	-0,2	9	-0,1	2,4	1,3	-0,9	1,5	0,3	0,6
10	0,4	0,3	0,3	-0,7	-0,2	0,2	0,8	10	0,2	0,1	0,3	-0,3	-0,1	0,2	0,9
11	0,5	0,6	0,3	0,4	-0,9	0,7	-0,1	11	0,6	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4
12	0,3	0,8	-0,2	-0,1	-0,6	0,5	0,6	12	0,5	0,2	0,9	0,4	0,4	1,1	-0,1
13	2,1	-1,0	0,1	0,0	0,3	0,7	-0,2	13	0,5	0,3	0,2	0,0	0,8	0,7	2,0
14	0,5	0,5	-0,8	0,3	-0,1	0,3	0,8	14	0,7	0,1	1,1	0,6	0,1	0,6	3,1
15	0,3	0,1	-0,1	0,9	1,1	0,5	-1,5	15	0,5	0,2	0,3	0,8	1,4	2,3	0,6
Summe	5,6	6,7	-2,9	1,5	-1,9	3,8	1,6	Summe	2,7	5,8	5,7	4,6	5,2	4,1	7,5
MAX	2,1	2,4	0,7	1,2	1,1	0,9	0,8	MAX	0,7	2,4	1,3	1,2	1,5	2,3	3,1
MIN	-0,4	-1,9	-1,9	-0,7	-1,9	-1,9	-1,5	MIN	-0,7	-0,4	-1,4	-0,9	-0,9	-1,2	-1,4
Mittelwert	0,3519	0,4163	-0,178	0,095	-0,117	0,2406	0,1	Mittelwert	0,1663	0,3594	0,3588	0,2844	0,3238	0,2538	0,4688
STABW	0,5588	1,0595	0,6704	0,4847	0,7064	0,7099	0,6244	STABW	0,4663	0,6736	0,6635	0,4916	0,5929	0,8094	1,007

Tabelle A 25

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m horizontal Norden Platte A								20m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,6	30,0	29,6	28,0	29,6	27,7	27,4	0	27,5	28,6	28,5	29,3	28,5	28,2	29,7
1	29,4	28,4	30,7	27,9	28,0	28,7	28,1	1	28,9	28,2	28,7	29,3	28,7	28,1	28,7
2	29,7	27,4	28,4	26,3	28,3	29,4	27,4	2	29,1	29,2	29,1	28,7	29,2	28,9	28,4
3	28,4	28,6	25,7	26,7	27,3	27,8	27,9	3	28,5	28,5	28,6	30,6	29,5	28,8	28,8
4	28,9	28,6	27,8	28,3	28,9	28,4	27,9	4	28,3	28,6	29,8	28,8	29,0	29,6	28,4
5	28,7	28,4	28,8	28,1	27,7	29,1	27,1	5	27,9	28,5	28,6	28,7	30,0	29,0	29,4
6	28,7	30,0	28,8	29,2	27,6	29,7	28,8	6	25,6	30,2	29,4	29,4	28,7	28,0	30,8
7	29,3	28,7	28,3	29,9	28,0	28,2	29,6	7	29,3	28,5	28,3	25,5	29,8	26,9	29,2
8	30,2	29,6	28,2	28,4	28,2	29,3	28,7	8	29,2	28,5	28,5	26,2	28,5	28,5	28,2
9	28,7	28,7	28,8	27,2	28,5	28,6	30,1	9	27,9	28,6	27,3	29,4	29,8	28,8	29,7
10	28,8	28,8	31,2	27,5	29,8	29,0	29,8	10	29,0	29,5	28,7	29,0	28,9	29,0	30,1
11	28,9	29,2	28,3	27,3	28,8	30,2	29,3	11	28,7	28,6	28,7	29,8	29,5	29,2	30,8
12	28,7	28,5	28,2	29,0	28,9	28,2	28,9	12	28,4	29,0	28,7	29,6	29,2	30,0	29,5
13	29,7	29,2	30,2	28,2	28,5	28,4	28,9	13	28,7	30,1	29,0	29,3	30,2	29,5	29,5
14	28,8	28,6	28,6	28,3	30,0	30,0	29,9	14	28,7	30,0	28,4	29,0	30,4	31,2	30,8
15	29,5	28,8	28,9	31,0	29,1	29,6	29,9	15	29,1	29,0	29,4	29,6	27,5	29,5	29,4
Summe	465,9	461,3	460,4	451,6	457,1	462,4	459,6	Summe	454,5	463,5	459,7	462,2	467,4	463,2	471,5
MAX	30,2	30,0	31,2	31,0	30,0	30,2	30,1	MAX	29,3	30,2	29,8	30,6	30,4	31,2	30,8
MIN	28,4	27,4	25,7	26,3	27,3	27,7	27,1	MIN	25,6	28,2	27,3	25,5	27,5	26,9	28,2
Mittelwert	29,12	28,829	28,773	28,222	28,571	28,897	28,724	Mittelwert	28,408	28,967	28,732	28,889	29,213	28,95	29,468
STABW	0,5048	0,6557	1,2606	1,1885	0,7963	0,7573	1,0049	STABW	0,9141	0,6506	0,5715	1,2733	0,747	0,9656	0,8587
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,5	25,0	25,4	27,0	25,4	27,3	27,6	0	25,5	25,0	25,4	27,0	25,4	27,3	27,6
1	25,6	26,6	24,3	27,1	27,0	26,3	26,9	1	25,6	26,6	24,3	27,1	27,0	26,3	26,9
2	25,3	27,7	26,6	28,7	26,7	25,6	27,6	2	25,3	27,7	26,6	28,7	26,7	25,6	27,6
3	26,6	26,4	29,3	28,3	27,7	27,2	27,2	3	26,6	26,4	29,3	28,3	27,7	27,2	27,2
4	26,2	26,4	27,2	26,7	26,1	26,6	27,1	4	26,2	26,4	27,2	26,7	26,1	26,6	27,1
5	26,3	26,6	26,2	26,9	27,3	25,9	27,9	5	26,3	26,6	26,2	26,9	27,3	25,9	27,9
6	26,3	25,0	26,2	25,8	27,4	25,3	26,2	6	26,3	25,0	26,2	25,8	27,4	25,3	26,2
7	25,7	26,3	26,7	25,1	27,0	26,8	25,4	7	25,7	26,3	26,7	25,1	27,0	26,8	25,4
8	24,8	25,4	26,8	26,6	26,8	25,7	26,3	8	24,8	25,4	26,8	26,6	26,8	25,7	26,3
9	26,3	26,3	26,2	27,8	26,5	26,4	24,9	9	26,3	26,3	26,2	27,8	26,5	26,4	24,9
10	26,2	26,2	23,9	27,5	25,2	26,1	25,2	10	26,2	26,2	23,9	27,5	25,2	26,1	25,2
11	26,1	25,8	26,7	27,7	26,2	24,8	25,7	11	26,1	25,8	26,7	27,7	26,2	24,8	25,7
12	26,3	26,5	26,8	26,0	26,1	26,8	26,1	12	26,3	26,5	26,8	26,0	26,1	26,8	26,1
13	25,3	25,8	24,8	26,8	26,5	26,6	26,1	13	25,3	25,8	24,8	26,8	26,5	26,6	26,1
14	26,2	26,4	26,4	26,7	25,0	25,0	25,1	14	26,2	26,4	26,4	26,7	25,0	25,0	25,1
15	25,5	26,2	26,1	24,0	25,9	25,4	25,1	15	25,5	26,2	26,1	24,0	25,9	25,4	25,1
Summe	414,1	418,7	419,6	428,5	422,9	417,7	420,4	Summe	414,1	418,7	419,6	428,5	422,9	417,7	420,4
MAX	26,6	27,7	29,3	28,7	27,7	27,3	27,9	MAX	26,6	27,7	29,3	28,7	27,7	27,3	27,9
MIN	24,79	25	23,85	23,96	24,97	24,84	24,92	MIN	24,8	25,0	23,9	24,0	25,0	24,8	24,9
Mittelwert	25,88	26,171	26,228	26,778	26,429	26,103	26,276	Mittelwert	25,88	26,171	26,228	26,778	26,429	26,103	26,276
STABW	0,5048	0,6557	1,2606	1,1885	0,7963	0,7573	1,0049	STABW	0,5048	0,6557	1,2606	1,1885	0,7963	0,7573	1,0049
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,1	1,5	1,1	-0,5	1,1	-0,8	-1,1	0	1,1	1,5	1,1	-0,5	1,1	-0,8	-1,1
1	0,9	-0,1	2,2	-0,6	-0,5	0,2	-0,4	1	0,9	-0,1	2,2	-0,6	-0,5	0,2	-0,4
2	1,2	-1,2	-0,1	-2,2	-0,2	0,9	-1,1	2	1,2	-1,2	-0,1	-2,2	-0,2	0,9	-1,1
3	-0,1	0,1	-2,8	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6	3	-0,1	0,1	-2,8	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
4	0,4	0,1	-0,7	-0,2	0,4	-0,1	-0,6	4	0,4	0,1	-0,7	-0,2	0,4	-0,1	-0,6
5	0,2	-0,1	0,3	-0,4	-0,8	0,6	-1,4	5	0,2	-0,1	0,3	-0,4	-0,8	0,6	-1,4
6	0,2	1,5	0,3	0,7	-0,9	1,2	0,3	6	0,2	1,5	0,3	0,7	-0,9	1,2	0,3
7	0,8	0,2	-0,2	1,4	-0,5	-0,3	1,1	7	0,8	0,2	-0,2	1,4	-0,5	-0,3	1,1
8	1,7	1,1	-0,3	-0,1	-0,3	0,8	0,2	8	1,7	1,1	-0,3	-0,1	-0,3	0,8	0,2
9	0,2	0,2	0,3	-1,3	0,0	0,1	1,6	9	0,2	0,2	0,3	-1,3	0,0	0,1	1,6
10	0,3	0,3	2,7	-1,0	1,3	0,4	1,3	10	0,3	0,3	2,7	-1,0	1,3	0,4	1,3
11	0,4	0,7	-0,2	-1,2	0,3	1,7	0,8	11	0,4	0,7	-0,2	-1,2	0,3	1,7	0,8
12	0,2	0,0	-0,3	0,5	0,4	-0,3	0,4	12	0,2	0,0	-0,3	0,5	0,4	-0,3	0,4
13	1,2	0,7	1,7	-0,3	0,0	-0,1	0,4	13	1,2	0,7	1,7	-0,3	0,0	-0,1	0,4
14	0,3	0,1	0,1	-0,2	1,5	1,5	1,4	14	0,3	0,1	0,1	-0,2	1,5	1,5	1,4
15	1,0	0,3	0,4	2,5	0,6	1,1	1,4	15	1,0	0,3	0,4	2,5	0,6	1,1	1,4
Summe	9,9	5,3	4,4	-4,5	1,1	6,4	3,6	Summe	9,9	5,3	4,4	-4,5	1,1	6,4	3,6
MAX	1,7	1,5	2,7	2,5	1,5	1,7	1,6	MAX	1,7	1,5	2,7	2,5	1,5	1,7	1,6
MIN	-0,1	-1,2	-2,8	-2,2	-1,2	-0,8	-1,4	MIN	-0,1	-1,2	-2,8	-2,2	-1,2	-0,8	-1,4
Mittelwert	0,62	0,3294	0,2725	-0,278	0,0706	0,3969	0,2244	Mittelwert	0,62	0,3294	0,2725	-0,278	0,0706	0,3969	0,2244
STABW	0,5048	0,6557	1,2606	1,1885	0,7963	0,7573	1,0049	STABW	0,5048	0,6557	1,2606	1,1885	0,7963	0,7573	1,0049

Tabelle A 26

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m horizontal Süden Platte A								10m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	30,0	31,7	33,4	30,8	32,6	33,4	32,6	0	30,8	30,1	30,5	32,2	32,2	30,6	30,7
1	29,8	33,4	31,1	31,9	34,8	32,5	32,1	1	30,3	30,3	30,5	31,3	30,7	31,0	32,0
2	31,4	30,6	30,0	30,9	33,8	31,5	31,2	2	31,8	31,5	31,5	30,5	29,9	30,4	31,8
3	31,0	30,5	30,7	30,5	31,4	31,5	30,5	3	30,1	34,5	31,0	29,9	31,6	33,1	31,7
4	32,6	29,8	30,0	31,5	32,5	32,0	31,6	4	30,0	30,6	32,5	30,3	33,5	32,9	30,6
5	31,9	30,8	29,9	30,7	30,3	30,3	29,3	5	30,6	32,2	30,5	32,4	30,3	32,0	32,3
6	32,1	30,9	30,8	30,9	30,0	30,1	30,5	6	30,3	30,5	29,9	32,0	30,8	32,0	31,0
7	31,7	31,7	31,1	30,8	30,0	30,0	31,4	7	29,6	29,7	29,9	29,8	30,6	29,9	30,7
8	33,1	30,3	31,3	29,7	30,7	29,9	30,7	8	30,1	30,5	29,8	29,8	30,0	31,0	31,0
9	32,9	31,1	31,8	29,8	30,4	30,0	30,1	9	31,6	29,6	32,1	30,4	29,0	30,0	31,1
10	29,7	31,4	29,8	30,4	29,9	33,2	30,3	10	30,1	29,5	29,9	29,8	28,7	29,7	29,9
11	30,5	29,9	29,5	29,9	30,1	32,5	31,9	11	30,9	29,6	29,8	29,4	29,1	31,3	30,0
12	32,3	29,8	29,7	31,4	30,8	31,4	30,1	12	28,9	30,1	30,4	29,7	32,5	29,8	32,2
13	32,9	30,8	31,9	31,6	29,6	31,7	29,3	13	30,9	29,2	30,8	31,1	29,6	29,9	29,7
14	33,4	30,6	31,1	31,1	31,5	30,4	29,4	14	29,2	30,4	31,3	31,6	29,0	30,3	31,0
15	30,9	35,8	33,6	33,9	33,3	32,3	30,4	15	31,9	33,0	32,0	34,1	31,7	31,5	32,2
Summe	506,2	499,1	495,8	495,8	501,5	502,7	491,5	Summe	487,1	491,2	492,3	494,0	489,2	495,5	497,8
MAX	33,4	35,8	33,6	33,9	34,8	33,4	32,6	MAX	31,9	34,5	32,5	34,1	33,5	33,1	32,3
MIN	29,7	29,8	29,5	29,7	29,6	29,9	29,3	MIN	28,9	29,2	29,8	29,4	28,7	29,7	29,7
Mittelwert	31,64	31,194	30,988	30,989	31,344	31,416	30,719	Mittelwert	30,442	30,699	30,769	30,875	30,573	30,968	31,114
STABW	1,2153	1,5189	1,229	1,0069	1,5784	1,1891	1,0031	STABW	0,8598	1,4397	0,8765	1,3031	1,4126	1,0978	0,8578
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,0	23,3	21,6	24,2	22,5	21,6	22,4	0	24,2	24,9	24,5	22,8	22,8	24,4	24,3
1	25,2	21,6	23,9	23,1	20,3	22,5	22,9	1	24,8	24,8	24,5	23,7	24,3	24,0	23,0
2	23,6	24,4	25,0	24,1	21,2	23,5	23,8	2	23,2	23,5	23,5	24,5	25,1	24,6	23,2
3	24,0	24,5	24,3	24,6	23,6	23,5	24,5	3	24,9	20,5	24,0	25,1	23,4	21,9	23,3
4	22,4	25,2	25,1	23,5	22,5	23,0	23,4	4	25,0	24,4	22,5	24,8	21,5	22,1	24,4
5	23,1	24,2	25,1	24,3	24,8	24,7	25,7	5	24,4	22,8	24,5	22,6	24,7	23,0	22,7
6	22,9	24,1	24,2	24,1	25,0	24,9	24,5	6	24,7	24,5	25,2	23,0	24,2	23,0	24,1
7	23,3	23,3	23,9	24,2	25,0	25,0	23,6	7	25,4	25,3	25,1	25,2	24,4	25,1	24,3
8	21,9	24,7	23,7	25,4	24,3	25,1	24,3	8	24,9	24,6	25,2	25,2	25,1	24,0	24,0
9	22,1	23,9	23,2	25,2	24,7	25,0	24,9	9	23,4	25,5	22,9	24,6	26,0	25,0	23,9
10	25,3	23,6	25,2	24,6	25,1	21,8	24,7	10	24,9	25,5	25,1	25,3	26,3	25,3	25,1
11	24,5	25,1	25,5	25,1	24,9	22,5	23,1	11	24,2	25,4	25,2	25,6	25,9	23,7	25,1
12	22,7	25,2	25,3	23,6	24,2	23,6	24,9	12	26,1	24,9	24,6	25,3	22,5	25,2	22,8
13	22,1	24,3	23,1	23,4	25,4	23,3	25,7	13	24,1	25,8	24,2	23,9	25,5	25,2	25,3
14	21,6	24,4	23,9	24,0	23,5	24,6	25,6	14	25,8	24,7	23,7	23,4	26,0	24,8	24,0
15	24,1	19,2	21,4	21,1	21,7	22,7	24,6	15	23,1	22,0	23,1	20,9	23,3	23,5	22,8
Summe	373,8	380,9	384,2	384,2	378,5	377,4	388,5	Summe	392,9	388,8	387,7	386,0	390,8	384,5	382,2
MAX	25,3	25,2	25,5	25,4	25,4	25,1	25,7	MAX	26,1	25,8	25,2	25,6	26,3	25,3	25,3
MIN	21,6	19,2	21,4	21,1	20,3	21,6	22,4	MIN	23,1	20,5	22,5	20,9	21,5	21,9	22,7
Mittelwert	23,36	23,806	24,013	24,011	23,656	23,584	24,281	Mittelwert	24,558	24,301	24,231	24,125	24,427	24,032	23,886
STABW	1,2153	1,5189	1,229	1,0069	1,5784	1,1891	1,0031	STABW	0,8598	1,4397	0,8765	1,3031	1,4126	1,0978	0,8578
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,5	3,2	4,9	2,3	4,1	4,9	4,1	0	2,3	1,6	2,0	3,7	3,7	2,1	2,2
1	1,3	4,9	2,6	3,4	6,3	4,0	3,6	1	1,8	1,8	2,0	2,8	2,2	2,5	3,5
2	2,9	2,1	1,5	2,4	5,3	3,0	2,7	2	3,3	3,0	3,0	2,0	1,4	1,9	3,3
3	2,5	2,0	2,2	2,0	2,9	3,0	2,0	3	1,6	6,0	2,5	1,4	3,1	4,6	3,2
4	4,1	1,3	1,5	3,0	4,0	3,5	3,1	4	1,5	2,1	4,0	1,8	5,0	4,4	2,1
5	3,4	2,3	1,4	2,2	1,8	1,8	0,8	5	2,1	3,7	2,0	3,9	1,8	3,5	3,8
6	3,6	2,4	2,3	2,4	1,5	1,6	2,0	6	1,8	2,0	1,4	3,5	2,3	3,5	2,5
7	3,2	3,2	2,6	2,3	1,5	1,5	2,9	7	1,1	1,2	1,4	1,3	2,1	1,4	2,2
8	4,6	1,8	2,8	1,2	2,2	1,4	2,2	8	1,6	2,0	1,3	1,3	1,5	2,5	2,5
9	4,4	2,6	3,3	1,3	1,9	1,5	1,6	9	3,1	1,1	3,6	1,9	0,5	1,5	2,6
10	1,2	2,9	1,3	1,9	1,4	4,7	1,8	10	1,6	1,0	1,4	1,3	0,2	1,2	1,4
11	2,0	1,4	1,0	1,4	1,6	4,0	3,4	11	2,4	1,1	1,3	0,9	0,6	2,8	1,5
12	3,8	1,3	1,2	2,9	2,3	2,9	1,6	12	0,4	1,6	1,9	1,2	4,0	1,3	3,7
13	4,4	2,3	3,4	3,1	1,1	3,2	0,8	13	2,4	0,7	2,3	2,6	1,1	1,4	1,2
14	4,9	2,1	2,6	2,6	3,0	1,9	0,9	14	0,7	1,9	2,8	3,1	0,5	1,8	2,5
15	2,4	7,3	5,1	5,4	4,8	3,8	1,9	15	3,4	4,5	3,5	5,6	3,2	3,0	3,7
Summe	50,2	43,1	39,8	39,8	45,5	46,7	35,5	Summe	31,1	35,2	36,3	38,0	33,2	39,5	41,8
MAX	4,9	7,3	5,1	5,4	6,3	4,9	4,1	MAX	3,4	6,0	4,0	5,6	5,0	4,6	3,8
MIN	1,2	1,3	1,0	1,2	1,1	1,4	0,8	MIN	0,4	0,7	1,3	0,9	0,2	1,2	1,2
Mittelwert	3,14	2,6944	2,4875	2,4894	2,8438	2,9156	2,2188	Mittelwert	1,9419	2,1994	2,2694	2,375	2,0731	2,4681	2,6144
STABW	1,2153	1,5189	1,229	1,0069	1,5784	1,1891	1,0031	STABW	0,8598	1,4397	0,8765	1,3031	1,4126	1,0978	0,8578

Tabelle A 27

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m horizontal Süden Platte A								20m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	32,3	33,4	35,1	31,8	34,2	34,8	31,2	0	31,1	32,8	32,1	32,0	35,3	35,3	35,3
1	30,9	30,4	31,2	31,8	31,7	30,3	31,0	1	31,0	31,0	30,7	31,3	34,0	33,7	31,8
2	33,0	30,3	31,1	32,6	31,4	32,5	33,2	2	32,4	31,5	30,8	33,3	32,8	30,7	32,6
3	31,6	33,2	32,7	32,6	31,7	30,4	32,9	3	30,7	31,2	30,9	32,8	30,8	32,2	32,8
4	32,0	31,8	31,7	32,8	31,8	30,7	32,4	4	30,8	31,0	32,9	31,5	30,7	30,7	32,1
5	32,0	31,4	30,7	33,3	33,2	31,9	32,5	5	30,4	31,9	30,9	30,5	31,7	31,5	30,9
6	30,3	30,5	31,1	31,5	31,6	32,5	32,7	6	30,5	30,0	30,5	31,8	32,2	33,1	34,1
7	31,7	31,0	32,7	32,1	32,1	32,1	33,0	7	30,9	30,7	31,8	31,1	31,3	31,9	32,3
8	30,3	31,8	30,6	31,9	32,7	31,2	31,2	8	30,6	32,1	30,7	32,3	30,5	32,1	33,7
9	32,1	31,9	33,1	31,9	33,1	31,8	31,4	9	30,3	30,8	30,9	33,2	32,1	32,1	31,9
10	31,6	31,7	32,5	32,3	33,6	32,4	33,3	10	31,8	32,4	31,1	33,0	34,1	30,7	33,9
11	31,2	32,5	30,8	33,0	31,4	32,3	33,1	11	30,1	30,5	30,0	30,7	32,0	32,2	32,5
12	30,3	31,6	30,6	33,1	32,5	32,6	31,3	12	31,7	30,3	32,1	31,5	31,1	31,3	32,1
13	30,5	31,0	31,2	34,0	34,9	35,1	32,6	13	33,0	32,7	30,1	30,6	32,0	31,1	30,5
14	32,3	31,8	32,0	32,3	38,3	31,8	34,4	14	32,4	31,8	31,0	33,0	30,7	31,8	30,9
15	32,2	32,6	35,9	35,1	40,2	34,8	33,4	15	32,8	32,3	33,2	34,0	32,2	32,6	34,5
Summe	504,2	506,8	513,0	521,9	534,3	517,3	519,5	Summe	500,4	502,8	499,8	512,6	513,5	512,7	521,8
MAX	33,0	33,4	35,9	35,1	40,2	35,1	34,4	MAX	33,0	32,8	33,2	34,0	35,3	35,3	35,3
MIN	30,3	30,3	30,6	31,5	31,4	30,3	31,0	MIN	30,1	30,0	30,0	30,5	30,5	30,7	30,5
Mittelwert	31,511	31,674	32,065	32,621	33,391	32,329	32,466	Mittelwert	31,275	31,428	31,234	32,04	32,093	32,046	32,614
STABW	0,841	0,9184	1,5869	0,9187	2,5259	1,4757	0,9814	STABW	0,9394	0,8688	0,9219	1,0843	1,3757	1,2185	1,3766
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	22,7	21,6	19,9	23,2	20,8	20,2	23,9	0	23,9	22,2	22,9	23,0	19,7	19,8	19,7
1	24,2	24,6	23,8	23,2	23,3	24,7	24,0	1	24,0	24,0	24,3	23,7	21,0	21,3	23,2
2	22,1	24,7	23,9	22,4	23,6	22,5	21,8	2	22,6	23,5	24,2	21,7	22,2	24,3	22,4
3	23,4	21,8	22,3	22,5	23,3	24,6	22,1	3	24,3	23,8	24,1	22,2	24,2	22,8	22,2
4	23,0	23,2	23,3	22,2	23,2	24,3	22,6	4	24,2	24,0	22,1	23,5	24,3	24,4	22,9
5	23,1	23,6	24,3	21,7	21,8	23,1	22,5	5	24,6	23,1	24,1	24,5	23,3	23,5	24,2
6	24,7	24,5	23,9	23,5	23,5	22,5	22,3	6	24,5	25,0	24,5	23,2	22,9	21,9	20,9
7	23,3	24,0	22,3	22,9	23,0	22,9	22,0	7	24,1	24,3	23,2	23,9	23,7	23,1	22,7
8	24,7	23,2	24,4	23,1	22,3	23,8	23,8	8	24,4	22,9	24,4	22,8	24,5	22,9	21,3
9	22,9	23,2	21,9	23,1	21,9	23,2	23,6	9	24,7	24,3	24,1	21,8	22,9	22,9	23,1
10	23,4	23,4	22,5	22,7	21,4	22,6	21,7	10	23,2	22,7	23,9	22,0	20,9	24,3	21,1
11	23,8	22,5	24,2	22,0	23,6	22,7	21,9	11	24,9	24,5	25,0	24,3	23,0	22,8	22,5
12	24,7	23,4	24,4	21,9	22,6	22,4	23,7	12	23,3	24,7	22,9	23,5	23,9	23,7	22,9
13	24,5	24,0	23,8	21,0	20,1	19,9	22,5	13	22,0	22,3	24,9	24,4	23,0	24,0	24,5
14	22,7	23,2	23,0	22,7	16,7	23,2	20,7	14	22,6	23,2	24,0	22,0	24,3	23,2	24,1
15	22,8	22,4	19,1	19,9	14,8	20,2	21,6	15	22,2	22,7	21,8	21,0	22,8	22,4	20,5
Summe	375,8	373,2	367,0	358,1	345,7	362,7	360,5	Summe	379,6	377,2	380,3	367,4	366,5	367,3	358,2
MAX	24,7	24,7	24,4	23,5	23,6	24,7	24,0	MAX	24,9	25,0	25,0	24,5	24,5	24,4	24,5
MIN	22,1	21,6	19,1	19,9	14,8	19,9	20,7	MIN	22,0	22,2	21,8	21,0	19,7	19,8	19,7
Mittelwert	23,489	23,326	22,935	22,379	21,609	22,671	22,534	Mittelwert	23,725	23,573	23,766	22,96	22,907	22,954	22,386
STABW	0,841	0,9184	1,5869	0,9187	2,5259	1,4757	0,9814	STABW	0,9394	0,8688	0,9219	1,0843	1,3757	1,2185	1,3766
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	3,8	4,9	6,6	3,3	5,7	6,3	2,7	0	2,6	4,3	3,6	3,5	6,8	6,8	6,8
1	2,4	1,9	2,7	3,3	3,2	1,8	2,5	1	2,5	2,5	2,2	2,8	5,5	5,2	3,3
2	4,5	1,8	2,6	4,1	2,9	4,0	4,7	2	3,9	3,0	2,3	4,8	4,3	2,2	4,1
3	3,1	4,7	4,2	4,1	3,2	1,9	4,4	3	2,2	2,7	2,4	4,3	2,3	3,7	4,3
4	3,5	3,3	3,2	4,3	3,3	2,2	3,9	4	2,3	2,5	4,4	3,0	2,2	2,2	3,6
5	3,5	2,9	2,2	4,8	4,7	3,4	4,0	5	1,9	3,4	2,4	2,0	3,2	3,0	2,4
6	1,8	2,0	2,6	3,0	3,1	4,0	4,2	6	2,0	1,5	2,0	3,3	3,7	4,6	5,6
7	3,2	2,5	4,2	3,6	3,6	3,6	4,5	7	2,4	2,2	3,3	2,6	2,8	3,4	3,8
8	1,8	3,3	2,1	3,4	4,2	2,7	2,7	8	2,1	3,6	2,2	3,8	2,0	3,6	5,2
9	3,6	3,4	4,6	3,4	4,6	3,3	2,9	9	1,8	2,3	2,4	4,7	3,6	3,6	3,4
10	3,1	3,2	4,0	3,8	5,1	3,9	4,8	10	3,3	3,9	2,6	4,5	5,6	2,2	5,4
11	2,7	4,0	2,3	4,5	2,9	3,8	4,6	11	1,6	2,0	1,5	2,2	3,5	3,7	4,0
12	1,8	3,1	2,1	4,6	4,0	4,1	2,8	12	3,2	1,8	3,6	3,0	2,6	2,8	3,6
13	2,0	2,5	2,7	5,5	6,4	6,6	4,1	13	4,5	4,2	1,6	2,1	3,5	2,6	2,0
14	3,8	3,3	3,5	3,8	9,8	3,3	5,9	14	3,9	3,3	2,5	4,5	2,2	3,3	2,4
15	3,7	4,1	7,4	6,6	11,7	6,3	4,9	15	4,3	3,8	4,7	5,5	3,7	4,1	6,0
Summe	48,2	50,8	57,0	65,9	78,3	61,3	63,5	Summe	44,4	46,8	43,8	56,6	57,5	56,7	65,8
MAX	4,5	4,9	7,4	6,6	11,7	6,6	5,9	MAX	4,5	4,3	4,7	5,5	6,8	6,8	6,8
MIN	1,8	1,8	2,1	3,0	2,9	1,8	2,5	MIN	1,6	1,5	1,5	2,0	2,0	2,2	2,0
Mittelwert	3,0113	3,1744	3,565	4,1213	4,8913	3,8294	3,9663	Mittelwert	2,775	2,9275	2,7344	3,54	3,5931	3,5456	4,1138
STABW	0,841	0,9184	1,5869	0,9187	2,5259	1,4757	0,9814	STABW	0,9394	0,8688	0,9219	1,0843	1,3757	1,2185	1,3766

Tabelle A 28

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m vertikal Süden Platte A								10m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	31,8	33,6	34,0	33,3	32,9	34,2	31,9	0	29,4	29,2	30,0	29,9	29,9	32,6	29,4
1	32,2	30,4	30,7	33,0	31,7	30,8	31,9	1	29,3	29,8	29,6	30,0	30,3	29,1	30,1
2	30,6	30,3	30,1	30,6	30,4	32,0	31,4	2	30,5	29,5	29,2	31,4	28,8	29,3	30,0
3	30,1	30,7	31,2	30,4	31,4	30,4	30,5	3	31,4	29,6	31,0	31,2	29,5	30,3	30,3
4	31,0	31,8	30,5	30,6	31,0	30,5	31,7	4	31,7	30,4	29,3	31,3	30,2	28,8	31,1
5	31,7	31,0	30,1	30,8	30,4	29,9	31,6	5	29,6	30,5	29,7	29,6	29,8	30,7	30,2
6	30,1	31,5	30,7	30,2	30,0	31,8	30,3	6	30,3	29,6	29,5	31,9	30,2	29,4	30,1
7	29,8	30,3	30,0	30,0	30,0	31,1	29,9	7	31,2	29,4	29,4	31,3	29,7	29,5	31,5
8	30,0	30,0	30,3	31,0	30,6	30,1	30,6	8	29,4	30,1	31,0	30,9	29,7	29,9	29,9
9	30,1	30,1	30,4	30,1	30,2	30,1	30,3	9	29,9	30,0	30,9	30,4	30,3	29,8	30,8
10	30,1	31,0	31,5	29,8	30,1	30,6	32,4	10	31,8	29,6	29,8	30,0	30,7	29,3	30,1
11	31,3	30,0	30,5	29,9	30,1	30,1	29,5	11	30,5	28,9	29,7	30,0	29,6	29,4	29,9
12	29,9	30,7	30,6	30,8	29,8	30,5	30,1	12	30,9	30,7	29,8	29,5	31,0	29,8	30,1
13	30,0	30,0	30,1	31,0	30,7	30,8	30,0	13	29,7	29,7	29,6	30,5	31,0	30,5	31,3
14	30,2	30,0	30,9	30,5	32,2	30,1	30,7	14	29,8	29,1	31,3	29,9	30,1	29,5	32,6
15	30,2	30,5	31,1	30,0	30,0	29,9	31,0	15	30,7	30,1	30,7	30,3	31,0	30,0	30,2
Summe	489,1	491,9	492,7	491,7	491,5	493,0	493,7	Summe	486,0	476,0	480,3	488,0	481,8	477,9	487,4
MAX	32,2	33,6	34,0	33,3	32,9	34,2	32,4	MAX	31,8	30,7	31,3	31,9	31,0	32,6	32,6
MIN	29,8	30,0	30,0	29,8	29,8	29,9	29,5	MIN	29,3	28,9	29,2	29,5	28,8	28,8	29,4
Mittelwert	30,568	30,744	30,796	30,731	30,718	30,813	30,859	Mittelwert	30,374	29,748	30,018	30,5	30,11	29,871	30,462
STABW	0,7795	0,9355	0,9556	1,0176	0,9144	1,1018	0,8601	STABW	0,8479	0,5022	0,6907	0,7363	0,6109	0,8881	0,7987
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	23,2	21,4	21,0	21,7	22,1	20,8	23,1	0	25,6	25,8	25,0	25,1	25,1	22,4	25,6
1	22,8	24,6	24,3	22,0	23,3	24,2	23,2	1	25,7	25,2	25,4	25,1	24,7	25,9	25,0
2	24,4	24,7	24,9	24,4	24,7	23,0	23,6	2	24,6	25,5	25,8	23,6	26,2	25,8	25,0
3	24,9	24,3	23,8	24,6	23,7	24,6	24,6	3	23,6	25,4	24,0	23,8	25,5	24,7	24,7
4	24,0	23,2	24,5	24,4	24,0	24,5	23,3	4	23,3	24,6	25,7	23,7	24,8	26,2	23,9
5	23,4	24,0	24,9	24,2	24,6	25,1	23,4	5	25,4	24,5	25,3	25,4	25,2	24,3	24,8
6	24,9	23,5	24,4	24,8	25,0	23,3	24,7	6	24,7	25,4	25,5	23,1	24,8	25,6	25,0
7	25,3	24,7	25,0	25,1	25,0	23,9	25,1	7	23,8	25,6	25,6	23,8	25,3	25,6	23,5
8	25,0	25,0	24,7	24,0	24,4	24,9	24,4	8	25,6	24,9	24,0	24,1	25,3	25,1	25,1
9	24,9	24,9	24,6	24,9	24,8	24,9	24,7	9	25,1	25,0	24,1	24,6	24,7	25,2	24,2
10	25,0	24,0	23,5	25,3	24,9	24,4	22,6	10	23,2	25,4	25,2	25,0	24,3	25,7	24,9
11	23,7	25,0	24,5	25,1	24,9	24,9	25,5	11	24,5	26,1	25,3	25,0	25,4	25,6	25,1
12	25,2	24,3	24,4	24,2	25,2	24,5	24,9	12	24,1	24,3	25,2	25,5	24,0	25,2	24,9
13	25,0	25,0	24,9	24,0	24,3	24,2	25,0	13	25,3	25,3	25,5	24,5	24,0	24,5	23,7
14	24,8	25,0	24,1	24,5	22,8	24,9	24,3	14	25,2	25,9	23,7	25,1	24,9	25,5	22,4
15	24,8	24,5	23,9	25,0	25,0	25,1	24,0	15	24,3	24,9	24,3	24,7	24,0	25,0	24,8
Summe	390,9	388,1	387,3	388,3	388,5	387,0	386,3	Summe	394,0	404,0	399,7	392,0	398,2	402,1	392,6
MAX	25,3	25,0	25,0	25,3	25,2	25,1	25,5	MAX	25,7	26,1	25,8	25,5	26,2	26,2	25,6
MIN	22,8	21,4	21,0	21,7	22,1	20,8	22,6	MIN	23,2	24,3	23,7	23,1	24,0	22,4	22,4
Mittelwert	24,432	24,256	24,204	24,269	24,283	24,187	24,141	Mittelwert	24,626	25,253	24,982	24,5	24,89	25,129	24,538
STABW	0,7795	0,9355	0,9556	1,0176	0,9144	1,1018	0,8601	STABW	0,8479	0,5022	0,6907	0,7363	0,6109	0,8881	0,7987
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	3,3	5,1	5,5	4,8	4,4	5,7	3,4	0	0,9	0,7	1,5	1,4	1,4	4,1	0,9
1	3,7	1,9	2,2	4,5	3,2	2,3	3,4	1	0,8	1,3	1,1	1,5	1,8	0,6	1,6
2	2,1	1,8	1,6	2,1	1,9	3,5	2,9	2	2,0	1,0	0,7	2,9	0,3	0,8	1,5
3	1,6	2,2	2,7	1,9	2,9	1,9	2,0	3	2,9	1,1	2,5	2,7	1,0	1,8	1,8
4	2,5	3,3	2,0	2,1	2,5	2,0	3,2	4	3,2	1,9	0,8	2,8	1,7	0,3	2,6
5	3,2	2,5	1,6	2,3	1,9	1,4	3,1	5	1,1	2,0	1,2	1,1	1,3	2,2	1,7
6	1,6	3,0	2,2	1,7	1,5	3,3	1,8	6	1,8	1,1	1,0	3,4	1,7	0,9	1,6
7	1,3	1,8	1,5	1,5	1,5	2,6	1,4	7	2,7	0,9	0,9	2,8	1,2	0,9	3,0
8	1,5	1,5	1,8	2,5	2,1	1,6	2,1	8	0,9	1,6	2,5	2,4	1,2	1,4	1,4
9	1,6	1,6	1,9	1,6	1,7	1,6	1,8	9	1,4	1,5	2,4	1,9	1,8	1,3	2,3
10	1,6	2,5	3,0	1,3	1,6	2,1	3,9	10	3,3	1,1	1,3	1,5	2,2	0,8	1,6
11	2,8	1,5	2,0	1,4	1,6	1,6	1,0	11	2,0	0,4	1,2	1,5	1,1	0,9	1,4
12	1,4	2,2	2,1	2,3	1,3	2,0	1,6	12	2,4	2,2	1,3	1,0	2,5	1,3	1,6
13	1,5	1,5	1,6	2,5	2,2	2,3	1,5	13	1,2	1,2	1,1	2,0	2,5	2,0	2,8
14	1,7	1,5	2,4	2,0	3,7	1,6	2,2	14	1,3	0,6	2,8	1,4	1,6	1,0	4,1
15	1,7	2,0	2,6	1,5	1,5	1,4	2,5	15	2,2	1,6	2,2	1,8	2,5	1,5	1,7
Summe	33,1	35,9	36,7	35,7	35,5	37,0	37,7	Summe	30,0	20,0	24,3	32,0	25,8	21,9	31,4
MAX	3,7	5,1	5,5	4,8	4,4	5,7	3,9	MAX	3,3	2,2	2,8	3,4	2,5	4,1	4,1
MIN	1,3	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4	1,0	MIN	0,8	0,4	0,7	1,0	0,3	0,3	0,9
Mittelwert	2,0681	2,2438	2,2956	2,2313	2,2175	2,3131	2,3588	Mittelwert	1,8744	1,2475	1,5181	2	1,61	1,3706	1,9619
STABW	0,7795	0,9355	0,9556	1,0176	0,9144	1,1018	0,8601	STABW	0,8479	0,5022	0,6907	0,7363	0,6109	0,8881	0,7987

Tabelle A 29



# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

1,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Süden Platte A								20m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	35,5	33,7	31,9	32,3	31,9	31,3	28,1	0	31,4	32,7	33,3	31,5	36,4	36,5	35,9
1	34,0	33,4	30,5	31,2	29,8	28,8	29,5	1	30,4	29,9	32,2	30,2	30,1	35,4	33,5
2	31,9	30,4	30,3	30,0	29,7	28,6	28,3	2	29,4	30,6	29,8	30,7	31,6	32,9	32,4
3	33,2	32,8	30,8	29,9	29,8	29,2	29,5	3	29,9	29,3	30,3	29,7	30,0	30,0	30,9
4	30,8	30,5	30,4	29,8	30,4	29,9	29,5	4	29,4	29,4	30,0	29,5	29,7	29,6	30,7
5	28,1	30,4	30,8	29,8	29,5	28,6	28,6	5	29,8	29,2	29,8	29,4	29,7	29,6	31,5
6	31,3	31,8	31,0	30,0	29,4	28,9	29,3	6	29,2	29,3	29,6	29,5	30,5	29,8	29,9
7	32,3	30,2	29,8	29,4	29,1	30,1	28,8	7	29,5	29,1	29,5	29,5	31,4	29,6	29,1
8	32,1	30,2	30,1	29,9	30,3	28,1	27,5	8	29,7	29,3	29,5	29,3	29,8	29,7	30,0
9	32,3	30,3	29,6	29,4	30,8	28,4	29,3	9	28,9	29,1	30,1	29,5	31,9	29,5	30,1
10	30,3	30,1	31,0	28,8	30,3	29,7	27,5	10	28,8	29,0	30,1	29,4	29,3	30,0	29,6
11	31,2	29,7	30,0	30,6	30,3	29,4	28,9	11	28,9	28,9	29,4	30,7	30,7	29,1	31,0
12	31,1	31,5	30,3	29,1	29,1	27,9	29,2	12	28,7	28,4	28,8	30,3	29,3	30,0	30,5
13	30,1	32,6	29,4	29,4	29,7	28,3	28,0	13	29,6	29,5	28,8	29,9	29,4	29,2	29,6
14	31,5	30,1	31,6	37,6	28,6	29,2	27,9	14	28,6	29,7	30,6	29,1	29,4	30,2	30,9
15	32,4	30,8	39,6	37,1	31,2	34,8	29,2	15	29,8	29,9	29,1	29,3	29,2	30,3	31,0
Summe	507,8	498,6	496,8	457,0	479,8	471,1	459,1	Summe	471,9	473,4	480,7	477,5	488,2	491,2	496,7
MAX	35,5	33,7	39,6	37,6	31,9	34,8	29,5	MAX	31,4	32,7	33,3	31,5	36,4	36,5	35,9
MIN	28,1	29,7	29,4	28,8	28,6	27,9	27,5	MIN	28,6	28,4	28,8	29,1	29,2	29,1	29,1
Mittelwert	31,738	31,162	31,05	30,467	29,989	29,446	28,691	Mittelwert	29,496	29,586	30,041	29,844	30,514	30,701	31,045
STABW	1,6845	1,3053	2,3748	2,1457	0,8293	1,6652	0,7181	STABW	0,7091	0,9634	1,1726	0,6665	1,8067	2,2331	1,7005
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	19,5	21,3	23,1	22,7	23,1	23,7	26,9	0	23,6	22,3	21,7	23,5	18,6	18,5	19,1
1	21,0	21,6	24,6	23,8	25,2	26,2	25,5	1	24,6	25,1	22,8	24,8	24,9	19,6	21,5
2	23,1	24,6	24,7	25,0	25,3	26,4	26,7	2	25,6	24,4	25,3	24,3	23,4	22,1	22,6
3	21,8	22,2	24,2	25,1	25,2	25,8	25,5	3	25,1	25,7	24,8	25,3	25,0	25,1	24,1
4	24,3	24,5	24,6	25,2	24,6	25,1	25,5	4	25,6	25,6	25,0	25,5	25,3	25,4	24,3
5	26,9	24,6	24,2	25,2	25,5	26,4	26,4	5	25,2	25,8	25,3	25,6	25,3	25,4	23,5
6	23,8	23,3	24,0	25,2	25,6	26,1	25,7	6	25,8	25,7	25,4	25,5	24,6	25,3	25,1
7	22,7	24,8	25,3	25,0	25,9	24,9	26,2	7	25,5	25,9	25,5	25,5	23,6	25,5	25,9
8	22,9	24,8	25,0	25,6	24,7	26,9	27,5	8	25,3	25,8	25,5	25,7	25,2	25,3	25,1
9	22,7	24,7	25,4	25,1	24,2	26,6	25,7	9	26,1	25,9	24,9	25,5	23,1	25,5	24,9
10	24,7	24,9	24,0	25,6	24,7	25,3	27,5	10	26,2	26,0	24,9	25,6	25,7	25,1	25,4
11	23,8	25,3	25,0	26,2	24,7	25,7	26,1	11	26,1	26,1	25,6	24,3	24,3	25,9	24,0
12	23,9	23,5	24,7	24,4	25,9	27,1	25,8	12	26,3	26,6	26,2	24,7	25,8	25,0	24,5
13	24,9	22,4	25,6	25,9	25,3	26,7	27,0	13	25,4	25,5	26,2	25,1	25,6	25,8	25,4
14	23,5	24,9	23,4	25,6	26,4	25,9	27,1	14	26,4	25,3	24,5	25,9	25,6	24,8	24,1
15	22,6	24,3	15,4	17,4	23,8	20,2	25,8	15	25,3	25,2	25,9	25,7	25,9	24,7	24,0
Summe	372,2	381,4	383,2	393,2	400,2	408,9	421,0	Summe	408,1	406,6	399,4	402,5	391,8	388,8	383,3
MAX	26,9	25,3	25,6	26,2	26,4	27,1	27,5	MAX	26,4	26,6	26,2	25,9	25,9	25,9	25,9
MIN	19,5	21,3	15,4	17,4	23,1	20,2	25,5	MIN	23,6	22,3	21,7	23,5	18,6	18,5	19,1
Mittelwert	23,263	23,838	23,95	24,577	25,011	25,554	26,309	Mittelwert	25,504	25,414	24,959	25,156	24,486	24,299	23,955
STABW	1,6845	1,3053	2,3748	2,0805	0,8293	1,6652	0,7181	STABW	0,7091	0,9634	1,1726	0,6665	1,8067	2,2331	1,7005
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	7,0	5,2	3,4	3,8	3,4	2,8	-0,4	0	2,9	4,2	4,8	3,0	7,9	8,0	7,4
1	5,5	4,9	2,0	2,7	1,3	0,3	1,0	1	1,9	1,4	3,7	1,7	1,6	6,9	5,0
2	3,4	1,9	1,8	1,5	1,2	0,1	-0,2	2	0,9	2,1	1,3	2,2	3,1	4,4	3,9
3	4,7	4,3	2,3	1,4	1,3	0,7	1,0	3	1,4	0,8	1,8	1,2	1,5	1,5	2,4
4	2,3	2,0	1,9	1,3	1,9	1,4	1,0	4	0,9	0,9	1,5	1,0	1,2	1,1	2,2
5	-0,4	1,9	2,3	1,3	1,0	0,1	0,1	5	1,3	0,7	1,3	0,9	1,2	1,1	3,0
6	2,8	3,3	2,5	1,3	0,9	0,4	0,8	6	0,7	0,8	1,1	1,0	2,0	1,3	1,4
7	3,8	1,7	1,3	1,5	0,6	1,6	0,3	7	1,0	0,6	1,0	1,0	2,9	1,1	0,6
8	3,6	1,7	1,6	0,9	1,8	-0,4	-1,0	8	1,2	0,8	1,0	0,8	1,3	1,2	1,5
9	3,8	1,8	1,1	1,4	2,3	-0,1	0,8	9	0,4	0,6	1,6	1,0	3,4	1,0	1,6
10	1,8	1,6	2,5	0,9	1,8	1,2	-1,0	10	0,3	0,5	1,6	0,9	0,8	1,5	1,1
11	2,7	1,2	1,5	0,3	1,8	0,9	0,4	11	0,4	0,4	0,9	2,2	2,2	0,6	2,5
12	2,6	3,0	1,8	2,1	0,6	-0,6	0,7	12	0,2	-0,1	0,3	1,8	0,8	1,5	2,0
13	1,6	4,1	0,9	0,6	1,2	-0,2	-0,5	13	1,1	1,0	0,3	1,4	0,9	0,7	1,1
14	3,0	1,6	3,1	0,9	0,1	0,6	-0,6	14	0,1	1,2	2,1	0,6	0,9	1,7	2,4
15	3,9	2,3	11,1	9,1	2,7	6,3	0,7	15	1,3	1,4	0,6	0,8	0,6	1,8	2,5
Summe	51,8	42,6	40,8	30,8	23,8	15,1	3,1	Summe	15,9	17,4	24,7	21,5	32,2	35,2	40,7
MAX	7,0	5,2	11,1	9,1	3,4	6,3	1,0	MAX	2,9	4,2	4,8	3,0	7,9	8,0	7,4
MIN	-0,4	1,2	0,9	0,3	0,1	-0,6	-1,0	MIN	0,1	-0,1	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6
Mittelwert	3,2375	2,6619	2,55	1,9231	1,4888	0,9456	0,1906	Mittelwert	0,9956	1,0863	1,5406	1,3444	2,0144	2,2006	2,545
STABW	1,6845	1,3053	2,3748	2,0805	0,8293	1,6652	0,7181	STABW	0,7091	0,9634	1,1726	0,6665	1,8067	2,2331	1,7005

Tabelle A 30

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m vertikal Norden Platte A								10m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	30,4	30,1	32,1	32,9	31,1	29,6	28,7	0	29,5	36,6	41,9	39,7	40,3	29,4	29,1
1	28,6	30,2	29,3	31,4	30,7	28,9	28,3	1	29,3	36,5	33,7	33,1	38,1	28,2	29,5
2	28,9	30	29,1	28,8	28,7	28,5	28,4	2	29,1	30,9	29,1	30,5	32,3	29,5	29,3
3	28,9	30,4	29,5	29,6	29	27,1	28,6	3	29,1	29,5	29,2	29,2	29,5	29,1	29,1
4	29	31,9	30,2	29,3	29,1	29,4	28,6	4	29,7	32,5	29,2	29,2	29,4	27,9	28,9
5	28,8	29,2	28,8	29,2	28,6	27,2	28,5	5	29,3	30,6	29,2	29,1	29,5	30,3	29
6	28,9	29,4	29,1	28,5	26,1	27,7	28,5	6	29,2	29,7	29,3	27,4	29,2	30,1	29,6
7	28,6	29,4	28,9	29,3	25,7	28,8	28,8	7	29,3	29,6	29,7	28,2	29,6	30,6	29,4
8	28,8	29,5	30,4	31	25,8	29,6	28,9	8	29,2	29,9	29,9	29,6	29,3	28,9	29,1
9	28,8	29,9	29,2	28,7	28,7	27,3	28,5	9	29,3	30,5	30,5	29,9	30,2	30,2	29,1
10	28,9	28,8	28	28,6	28,3	30,1	28,9	10	29,4	29,9	29,2	29,1	29,6	30,1	28,9
11	28,9	29,4	29,2	30,5	29,4	29,2	29,1	11	29,4	29,1	29,2	29,2	31,3	29,2	30,4
12	28,7	29,3	29,6	28,7	29,3	29,4	31,2	12	29,6	29,9	29,7	31	29,6	32,7	31,5
13	28,7	27,9	28,7	29,1	28,7	29,7	32,3	13	29,4	29,1	29,6	28,8	30	33,1	32,2
14	28,9	28,7	29,4	29,1	28,8	29,9	29,4	14	29,1	29,6	30	30,2	29,9	38,9	33,4
15	28,9	30,2	29,1	28,9	28,3	31,8	32,4	15	29,3	29,4	29,9	29,8	30,1	38,6	33,8
Summe	462,7	474,3	470,6	473,6	456,3	464,2	469,1	Summe	469,2	493,3	489,3	484	497,9	496,8	482,3
MAX	30,4	31,9	32,1	32,9	31,1	31,8	32,4	MAX	29,7	36,6	41,9	39,7	40,3	38,9	33,8
MIN	28,6	27,9	28	28,5	25,7	27,1	28,3	MIN	29,1	29,1	29,1	27,4	29,2	27,9	28,9
Mittelwert	28,919	29,644	29,413	29,6	28,519	29,013	29,319	Mittelwert	29,325	30,831	30,581	30,25	31,119	31,05	30,144
STABW	0,4119	0,8884	0,9091	1,2302	1,5241	1,2425	1,3639	STABW	0,1732	2,3818	3,2146	2,8187	3,2781	3,3051	1,65
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	24,6	24,9	22,9	22,1	23,9	25,4	26,3	0	25,5	18,4	13,1	15,3	14,7	25,6	25,9
1	26,4	24,8	25,7	23,6	24,3	26,1	26,7	1	25,7	18,5	21,3	21,9	16,9	26,8	25,5
2	26,1	25	25,9	26,2	26,3	26,5	26,6	2	25,9	24,1	25,9	24,5	22,7	25,5	25,7
3	26,1	24,6	25,5	25,4	26	27,9	26,4	3	25,9	25,5	25,8	25,8	25,5	25,9	25,9
4	26	23,1	24,8	25,7	25,9	25,6	26,4	4	25,3	22,5	25,8	25,8	25,6	27,1	26,1
5	26,2	25,8	26,2	25,8	26,4	27,8	26,5	5	25,7	24,4	25,8	25,9	25,5	24,7	26
6	26,1	25,6	25,9	26,5	28,9	27,3	26,5	6	25,8	25,3	25,7	27,6	25,8	24,9	25,4
7	26,4	25,6	26,1	25,7	29,3	26,2	26,2	7	25,7	25,4	25,3	26,8	25,4	24,4	25,6
8	26,2	25,5	24,6	24	29,2	25,4	26,1	8	25,8	25,1	25,1	25,4	25,7	26,1	25,9
9	26,2	25,1	25,8	26,3	26,3	27,7	26,5	9	25,7	24,5	24,5	25,1	24,8	24,8	25,9
10	26,1	26,2	27	26,4	26,7	24,9	26,1	10	25,6	25,1	25,8	25,9	25,4	24,9	26,1
11	26,1	25,6	25,8	24,5	25,6	25,8	25,9	11	25,6	25,9	25,8	25,8	23,7	25,8	24,6
12	26,3	25,7	25,4	26,3	25,7	25,6	23,8	12	25,4	25,1	25,3	24	25,4	22,3	23,5
13	26,3	27,1	26,3	25,9	26,3	25,3	22,7	13	25,6	25,9	25,4	26,2	25	21,9	22,8
14	26,1	26,3	25,6	25,9	26,2	25,1	25,6	14	25,9	25,4	25	24,8	25,1	16,1	21,6
15	26,1	24,8	25,9	26,1	26,7	23,2	22,6	15	25,7	25,6	25,1	25,2	24,9	16,4	21,2
Summe	417,3	405,7	409,4	406,4	423,7	415,8	410,9	Summe	410,8	386,7	390,7	396	382,1	383,2	397,7
MAX	26,4	27,1	27	26,5	29,3	27,9	26,7	MAX	25,9	25,9	25,9	27,6	25,8	27,1	26,1
MIN	24,6	23,1	22,9	22,1	23,9	23,2	22,6	MIN	25,3	18,4	13,1	15,3	14,7	16,1	21,2
Mittelwert	26,081	25,356	25,588	25,4	26,481	25,988	25,681	Mittelwert	25,675	24,169	24,419	24,75	23,881	23,95	24,856
STABW	0,4119	0,8884	0,9091	1,2302	1,5241	1,2425	1,3639	STABW	0,1732	2,3818	3,2146	2,8187	3,2781	3,3051	1,65
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,9	1,6	3,6	4,4	2,6	1,1	0,2	0	1	8,1	13,4	11,2	11,8	0,9	0,6
1	0,1	1,7	0,8	2,9	2,2	0,4	-0,2	1	0,8	8	5,2	4,6	9,6	-0,3	1
2	0,4	1,5	0,6	0,3	0,2	0	-0,1	2	0,6	2,4	0,6	2	3,8	1	0,8
3	0,4	1,9	1	1,1	0,5	-1,4	0,1	3	0,6	1	0,7	0,7	1	0,6	0,6
4	0,5	3,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,1	4	1,2	4	0,7	0,7	0,9	-0,6	0,4
5	0,3	0,7	0,3	0,7	0,1	-1,3	0	5	0,8	2,1	0,7	0,6	1	1,8	0,5
6	0,4	0,9	0,6	0	-2,4	-0,8	0	6	0,7	1,2	0,8	-1,1	0,7	1,6	1,1
7	0,1	0,9	0,4	0,8	-2,8	0,3	0,3	7	0,8	1,1	1,2	-0,3	1,1	2,1	0,9
8	0,3	1	1,9	2,5	-2,7	1,1	0,4	8	0,7	1,4	1,4	1,1	0,8	0,4	0,6
9	0,3	1,4	0,7	0,2	0,2	-1,2	0	9	0,8	2	2	1,4	1,7	1,7	0,6
10	0,4	0,3	-0,5	0,1	-0,2	1,6	0,4	10	0,9	1,4	0,7	0,6	1,1	1,6	0,4
11	0,4	0,9	0,7	2	0,9	0,7	0,6	11	0,9	0,6	0,7	0,7	2,8	0,7	1,9
12	0,2	0,8	1,1	0,2	0,8	0,9	2,7	12	1,1	1,4	1,2	2,5	1,1	4,2	3
13	0,2	-0,6	0,2	0,6	0,2	1,2	3,8	13	0,9	0,6	1,1	0,3	1,5	4,6	3,7
14	0,4	0,2	0,9	0,6	0,3	1,4	0,9	14	0,6	1,1	1,5	1,7	1,4	10,4	4,9
15	0,4	1,7	0,6	0,4	-0,2	3,3	3,9	15	0,8	0,9	1,4	1,3	1,6	10,1	5,3
Summe	6,7	18,3	14,6	17,6	0,3	8,2	13,1	Summe	13,2	37,3	33,3	28	41,9	40,8	26,3
MAX	1,9	3,4	3,6	4,4	2,6	3,3	3,9	MAX	1,2	8,1	13,4	11,2	11,8	10,4	5,3
MIN	0,1	-0,6	-0,5	0	-2,8	-1,4	-0,2	MIN	0,6	0,6	0,6	-1,1	0,7	-0,6	0,4
Mittelwert	0,4188	1,1438	0,9125	1,1	0,0188	0,5125	0,8188	Mittelwert	0,825	2,3313	2,0813	1,75	2,6188	2,55	1,6438
STABW	0,4119	0,8884	0,9091	1,2302	1,5241	1,2425	1,3639	STABW	0,1732	2,3818	3,2146	2,8187	3,2781	3,3051	1,65

Tabelle A 31

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Norden Platte A								20m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	30,1	32,7	31,9	29,9	32,1	31,6	28,5	0	29,3	31,6	32,9	31,2	32,9	33	28,6
1	29,3	30,8	28,1	27,6	28,7	29,2	27,7	1	28,6	28,9	30,1	29,1	27,7	28,9	29,1
2	29,8	28,1	29,5	29,9	29,3	27,5	27,2	2	28,5	28,6	30,3	27,9	28,4	27,5	28,4
3	29,1	28,5	24,6	28,5	30,7	26,7	28,6	3	28,6	28,2	30	30,2	29,1	28,3	28,6
4	29,4	30,7	27,3	28,2	28	27,3	28,2	4	29,7	29,7	29,6	29,7	28,5	29,8	28,5
5	30,2	30,2	27,1	26,9	27,9	28,2	28,3	5	27,4	28,9	30,9	28,8	28,6	28,5	28,5
6	29,7	28,1	29,1	26,8	28,8	28,9	28,6	6	29,2	28,2	29,2	28,5	30,1	28,3	28,4
7	28,8	29	29,8	25,7	27,7	29,3	28,5	7	29,1	28,8	29,1	26,9	28,6	27,9	28,5
8	28,4	29,4	28	27,6	28,2	27,4	28,7	8	27,8	28,1	29,4	27	29,8	28,4	28,8
9	28,6	28,5	27,9	28	29,3	29,1	29,4	9	27	29,4	28,1	27,8	30	27,6	28,5
10	29,2	28,2	29,7	27,4	28,8	27,6	29,7	10	29,7	28,9	27,8	29,4	30,2	29,5	28,7
11	29,5	29,7	29,3	28,4	27,8	27	29,4	11	28,5	29,9	28,9	29,7	30,3	28,7	28,9
12	29,9	27,4	28,8	25,5	29,6	28,9	28,5	12	28,4	28,3	29,2	30,5	28,6	28	28,2
13	29,7	28,9	28,7	28,4	28,5	28,6	28,6	13	28,6	28,6	30,3	29,4	29,9	28,3	28,3
14	29,2	28,9	30	27,7	29,9	28,5	28,6	14	28,5	27,6	29,5	31,2	28,8	30,9	30,3
15	30,7	31,3	28,9	30,4	30,4	30,7	28,5	15	28,6	30,2	32,5	29,7	30,4	29,3	28,4
Summe	471,6	470,4	458,7	446,9	465,7	456,5	457	Summe	457,5	463,9	477,8	467	471,9	462,9	458,7
MAX	30,7	32,7	31,9	30,4	32,1	31,6	29,7	MAX	29,7	31,6	32,9	31,2	32,9	33	30,3
MIN	28,4	27,4	24,6	25,5	27,7	26,7	27,2	MIN	27	27,6	27,8	26,9	27,7	27,5	28,2
Mittelwert	29,475	29,4	28,669	27,931	29,106	28,531	28,563	Mittelwert	28,594	28,994	29,863	29,188	29,494	28,931	28,669
STABW	0,6061	1,4137	1,5949	1,3778	1,2119	1,324	0,6076	STABW	0,7407	0,9862	1,3633	1,3155	1,2353	1,3932	0,4909
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	24,9	22,3	23,1	25,1	22,9	23,4	26,5	0	25,7	23,4	22,1	23,8	22,1	22	26,4
1	25,7	24,2	26,9	27,4	26,3	25,8	27,3	1	26,4	26,1	24,9	25,9	27,3	26,1	25,9
2	25,2	26,9	25,5	25,1	25,7	27,5	27,8	2	26,5	26,4	24,7	27,1	26,6	27,5	26,6
3	25,9	26,5	30,4	26,5	24,3	28,3	26,4	3	26,4	26,8	25	24,8	25,9	26,7	26,4
4	25,6	24,3	27,7	26,8	27	27,7	26,8	4	25,3	25,3	25,4	25,3	26,5	25,2	26,5
5	24,8	24,8	27,9	28,1	27,1	26,8	26,7	5	27,6	26,1	24,1	26,2	26,4	26,5	26,5
6	25,3	26,9	25,9	28,2	26,2	26,1	26,4	6	25,8	26,8	25,8	26,5	24,9	26,7	26,6
7	26,2	26	25,2	29,3	27,3	25,7	26,5	7	25,9	26,2	25,9	28,1	26,4	27,1	26,5
8	26,6	25,6	27	27,4	26,8	27,6	26,3	8	27,2	26,9	25,6	28	25,2	26,6	26,2
9	26,4	26,5	27,1	27	25,7	25,9	25,6	9	28	25,6	26,9	27,2	25	27,4	26,5
10	25,8	26,8	25,3	27,6	26,2	27,4	25,3	10	25,3	26,1	27,2	25,6	24,8	25,5	26,3
11	25,5	25,3	25,7	26,6	27,2	28	25,6	11	26,5	25,1	26,1	25,3	24,7	26,3	26,1
12	25,1	27,6	26,2	29,5	25,4	26,1	26,5	12	26,6	26,7	25,8	24,5	26,4	27	26,8
13	25,3	26,1	26,3	26,6	26,5	26,4	26,4	13	26,4	26,4	24,7	25,6	25,1	26,7	26,7
14	25,8	26,1	25	27,3	25,1	26,5	26,4	14	26,5	27,4	25,5	23,8	26,2	24,1	24,7
15	24,3	23,7	26,1	24,6	24,6	24,3	26,5	15	26,4	24,8	22,5	25,3	24,6	25,7	26,6
Summe	408,4	409,6	421,3	433,1	414,3	423,5	423	Summe	422,5	416,1	402,2	413	408,1	417,1	421,3
MAX	26,6	27,6	30,4	29,5	27,3	28,3	27,8	MAX	28	27,4	27,2	28,1	27,3	27,5	26,8
MIN	24,3	22,3	23,1	24,6	22,9	23,4	25,3	MIN	25,3	23,4	22,1	23,8	22,1	22	24,7
Mittelwert	25,525	25,6	26,331	27,069	25,894	26,469	26,438	Mittelwert	26,406	26,006	25,138	25,813	25,506	26,069	26,331
STABW	0,6061	1,4137	1,5949	1,3778	1,2119	1,324	0,6076	STABW	0,7407	0,9862	1,3633	1,3155	1,2353	1,3932	0,4909
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,6	4,2	3,4	1,4	3,6	3,1	0	0	0,8	3,1	4,4	2,7	4,4	4,5	0,1
1	0,8	2,3	-0,4	-0,9	0,2	0,7	-0,8	1	0,1	0,4	1,6	0,6	-0,8	0,4	0,6
2	1,3	-0,4	1	1,4	0,8	-1	-1,3	2	0	0,1	1,8	-0,6	-0,1	-1	-0,1
3	0,6	0	-3,9	0	2,2	-1,8	0,1	3	0,1	-0,3	1,5	1,7	0,6	-0,2	0,1
4	0,9	2,2	-1,2	-0,3	-0,5	-1,2	-0,3	4	1,2	1,2	1,1	1,2	0	1,3	0
5	1,7	1,7	-1,4	-1,6	-0,6	-0,3	-0,2	5	-1,1	0,4	2,4	0,3	0,1	0	0
6	1,2	-0,4	0,6	-1,7	0,3	0,4	0,1	6	0,7	-0,3	0,7	0	1,6	-0,2	-0,1
7	0,3	0,5	1,3	-2,8	-0,8	0,8	0	7	0,6	0,3	0,6	-1,6	0,1	-0,6	0
8	-0,1	0,9	-0,5	-0,9	-0,3	-1,1	0,2	8	-0,7	-0,4	0,9	-1,5	1,3	-0,1	0,3
9	0,1	0	-0,6	-0,5	0,8	0,6	0,9	9	-1,5	0,9	-0,4	-0,7	1,5	-0,9	0
10	0,7	-0,3	1,2	-1,1	0,3	-0,9	1,2	10	1,2	0,4	-0,7	0,9	1,7	1	0,2
11	1	1,2	0,8	-0,1	-0,7	-1,5	0,9	11	0	1,4	0,4	1,2	1,8	0,2	0,4
12	1,4	-1,1	0,3	-3	1,1	0,4	0	12	-0,1	-0,2	0,7	2	0,1	-0,5	-0,3
13	1,2	0,4	0,2	-0,1	0	0,1	0,1	13	0,1	0,1	1,8	0,9	1,4	-0,2	-0,2
14	0,7	0,4	1,5	-0,8	1,4	0	0,1	14	0	-0,9	1	2,7	0,3	2,4	1,8
15	2,2	2,8	0,4	1,9	1,9	2,2	0	15	0,1	1,7	4	1,2	1,9	0,8	-0,1
Summe	15,6	14,4	2,7	-9,1	9,7	0,5	1	Summe	1,5	7,9	21,8	11	15,9	6,9	2,7
MAX	2,2	4,2	3,4	1,9	3,6	3,1	1,2	MAX	1,2	3,1	4,4	2,7	4,4	4,5	1,8
MIN	-0,1	-1,1	-3,9	-3	-0,8	-1,8	-1,3	MIN	-1,5	-0,9	-0,7	-1,6	-0,8	-1	-0,3
Mittelwert	0,975	0,9	0,1688	-0,569	0,6063	0,0313	0,0625	Mittelwert	0,0938	0,4938	1,3625	0,6875	0,9938	0,4313	0,1688
STABW	0,6061	1,4137	1,5949	1,3778	1,2119	1,324	0,6076	STABW	0,7407	0,9862	1,3633	1,3155	1,2353	1,3932	0,4909

Tabelle A 32

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m horizontal Norden Platte A								10m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,5	31,8	32,2	32,3	32,7	30,2	29,3	0	28,6	28,2	30	34,3	30,5	29,3	30,2
1	29,6	30,9	30,2	29,5	30,2	31,5	30,5	1	29,2	29,1	30,1	29,2	29,4	30,4	30,1
2	29,7	28,1	28,5	30,4	29,3	29,9	29,1	2	29,4	30,2	30,3	29,9	29,3	29,4	29,8
3	29,4	30,2	28,9	29,4	29,6	29,3	29,2	3	29,2	30,1	30,1	29,8	29,1	29,6	29
4	29,2	29,6	29,2	31	28,9	28,5	29,4	4	28,5	30,3	29,1	29,6	29,4	29,2	29,5
5	29,6	30	29,6	29,1	29,2	30,8	29,2	5	28,3	31,6	29,7	29,2	29,7	29,2	29,1
6	29,2	29,5	28,7	28,7	29,6	30,7	29,1	6	28,5	29,9	29,8	29,1	29,1	29,3	29,1
7	30,1	29,5	29,5	30,2	30,9	30,6	29,1	7	28,8	30,2	28,2	30,2	30,8	25,4	29,1
8	30	29,4	30,1	31,1	30,5	29,3	29	8	28,8	29,9	31,3	27,7	30,5	26,8	29
9	30,6	29,1	29,9	29,5	31,2	29,1	29,2	9	29	28,1	29,7	29,9	30,3	29,6	29
10	29,4	29,3	29,3	27,4	29,4	29,9	30,5	10	29,1	30,9	30,6	30,1	29,9	29,7	28,9
11	29,4	29,7	29,5	25,1	32,5	28,9	29,4	11	28,7	31	29,4	30,8	30,3	29,2	29
12	29,3	30,8	29,9	30,2	30,2	30,1	29,5	12	28,8	30,1	29,4	29,8	28,8	30,7	28,9
13	29,2	29,2	29,6	29,4	29,5	29	30,6	13	28,9	30,8	29,2	31,4	29,6	29,7	29,1
14	30,8	29,4	29,4	29,6	31	31	29,6	14	28,9	30,2	31,9	28,9	29,7	30,6	28,9
15	29,5	30,7	32,1	32,5	29,4	28,4	30,4	15	28,9	31,2	33,8	30,4	32,2	30,4	28,9
Summe	474,5	477,2	476,6	475,4	484,1	477,2	473,1	Summe	461,6	481,8	482,6	480,3	478,6	468,5	467,6
MAX	30,8	31,8	32,2	32,5	32,7	31,5	30,6	MAX	29,4	31,6	33,8	34,3	32,2	30,7	30,2
MIN	29,2	28,1	28,5	25,1	28,9	28,4	29	MIN	28,3	28,1	28,2	27,7	28,8	25,4	28,9
Mittelwert	29,656	29,825	29,788	29,713	30,256	29,825	29,569	Mittelwert	28,85	30,113	30,163	30,019	29,913	29,281	29,225
STABW	0,4844	0,8851	1,0346	1,7761	1,146	0,9356	0,5782	STABW	0,2921	0,9715	1,3017	1,4176	0,8429	1,3678	0,4328
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,5	23,2	22,8	22,7	22,3	24,8	25,7	0	26,4	26,8	25	20,7	24,5	25,7	24,8
1	25,4	24,1	24,8	25,5	24,8	23,5	24,5	1	25,8	25,9	24,9	25,8	25,6	24,6	24,9
2	25,3	26,9	26,5	24,6	25,7	25,1	25,9	2	25,6	24,8	24,7	25,1	25,7	25,6	25,2
3	25,6	24,8	26,1	25,6	25,4	25,7	25,8	3	25,8	24,9	24,9	25,2	25,9	25,4	26
4	25,8	25,4	25,8	24	26,1	26,5	25,6	4	26,5	24,7	25,9	25,4	25,6	25,8	25,5
5	25,4	25	25,4	25,9	25,8	24,2	25,8	5	26,7	23,4	25,3	25,8	25,3	25,8	25,9
6	25,8	25,5	26,3	26,3	25,4	24,3	25,9	6	26,5	25,1	25,2	25,9	25,9	25,7	25,9
7	24,9	25,5	25,5	24,8	24,1	24,4	25,9	7	26,2	24,8	26,8	24,8	24,2	29,6	25,9
8	25	25,6	24,9	23,9	24,5	25,7	26	8	26,2	25,1	23,7	27,3	24,5	28,2	26
9	24,4	25,9	25,1	25,5	23,8	25,9	25,8	9	26	26,9	25,3	25,1	24,7	25,4	26
10	25,6	25,7	25,7	27,6	25,6	25,1	24,5	10	25,9	24,1	24,4	24,9	25,1	25,3	26,1
11	25,6	25,3	25,5	29,9	22,5	26,1	25,6	11	26,3	24	25,6	24,2	24,7	25,8	26
12	25,7	24,2	25,1	24,8	24,8	24,9	25,5	12	26,2	24,9	25,6	25,2	26,2	24,3	26,1
13	25,8	25,8	25,4	25,6	25,5	26	24,4	13	26,1	24,2	25,8	23,6	25,4	25,3	25,9
14	24,2	25,6	25,6	25,4	24	24	25,4	14	26,1	24,8	23,1	26,1	25,3	24,4	26,1
15	25,5	24,3	22,9	22,5	25,6	26,6	24,6	15	26,1	23,8	21,2	24,6	22,8	24,6	26,1
Summe	405,5	402,8	403,4	404,6	395,9	402,8	406,9	Summe	418,4	398,2	397,4	399,7	401,4	411,5	412,4
MAX	25,8	26,9	26,5	29,9	26,1	26,6	26	MAX	26,7	26,9	26,8	27,3	26,2	29,6	26,1
MIN	24,2	23,2	22,8	22,5	22,3	23,5	24,4	MIN	25,6	23,4	21,2	20,7	22,8	24,3	24,8
Mittelwert	25,344	25,175	25,213	25,288	24,744	25,175	25,431	Mittelwert	26,15	24,888	24,838	24,981	25,088	25,719	25,775
STABW	0,4844	0,8851	1,0346	1,7761	1,146	0,9356	0,5782	STABW	0,2921	0,9715	1,3017	1,4176	0,8429	1,3678	0,4328
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1	3,3	3,7	3,8	4,2	1,7	0,8	0	0,1	-0,3	1,5	5,8	2	0,8	1,7
1	1,1	2,4	1,7	1	1,7	3	2	1	0,7	0,6	1,6	0,7	0,9	1,9	1,6
2	1,2	-0,4	0	1,9	0,8	1,4	0,6	2	0,9	1,7	1,8	1,4	0,8	0,9	1,3
3	0,9	1,7	0,4	0,9	1,1	0,8	0,7	3	0,7	1,6	1,6	1,3	0,6	1,1	0,5
4	0,7	1,1	0,7	2,5	0,4	0	0,9	4	0	1,8	0,6	1,1	0,9	0,7	1
5	1,1	1,5	1,1	0,6	0,7	2,3	0,7	5	-0,2	3,1	1,2	0,7	1,2	0,7	0,6
6	0,7	1	0,2	0,2	1,1	2,2	0,6	6	0	1,4	1,3	0,6	0,6	0,8	0,6
7	1,6	1	1	1,7	2,4	2,1	0,6	7	0,3	1,7	-0,3	1,7	2,3	-3,1	0,6
8	1,5	0,9	1,6	2,6	2	0,8	0,5	8	0,3	1,4	2,8	-0,8	2	-1,7	0,5
9	2,1	0,6	1,4	1	2,7	0,6	0,7	9	0,5	-0,4	1,2	1,4	1,8	1,1	0,5
10	0,9	0,8	0,8	-1,1	0,9	1,4	2	10	0,6	2,4	2,1	1,6	1,4	1,2	0,4
11	0,9	1,2	1	-3,4	4	0,4	0,9	11	0,2	2,5	0,9	2,3	1,8	0,7	0,5
12	0,8	2,3	1,4	1,7	1,7	1,6	1	12	0,3	1,6	0,9	1,3	0,3	2,2	0,4
13	0,7	0,7	1,1	0,9	1	0,5	2,1	13	0,4	2,3	0,7	2,9	1,1	1,2	0,6
14	2,3	0,9	0,9	1,1	2,5	2,5	1,1	14	0,4	1,7	3,4	0,4	1,2	2,1	0,4
15	1	2,2	3,6	4	0,9	-0,1	1,9	15	0,4	2,7	5,3	1,9	3,7	1,9	0,4
Summe	18,5	21,2	20,6	19,4	28,1	21,2	17,1	Summe	5,6	25,8	26,6	24,3	22,6	12,5	11,6
MAX	2,3	3,3	3,7	4	4,2	3	2,1	MAX	0,9	3,1	5,3	5,8	3,7	2,2	1,7
MIN	0,7	-0,4	0	-3,4	0,4	-0,1	0,5	MIN	-0,2	-0,4	-0,3	-0,8	0,3	-3,1	0,4
Mittelwert	1,1563	1,325	1,2875	1,2125	1,7563	1,325	1,0688	Mittelwert	0,35	1,6125	1,6625	1,5188	1,4125	0,7813	0,725
STABW	0,4844	0,8851	1,0346	1,7761	1,146	0,9356	0,5782	STABW	0,2921	0,9715	1,3017	1,4176	0,8429	1,3678	0,4328

Tabelle A 33

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m horizontal Norden Platte A								20m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,4	30,3	31,9	32,5	29,6	29,8	28,6	0	29	29,1	31,4	34,1	30,8	28,8	29,3
1	29,7	29,4	31,2	31,8	30,2	29,7	28,5	1	29,1	29	29,4	29,4	29,9	28,7	29,7
2	29,1	29,6	30,6	31	29,7	29,5	28,6	2	28,8	30,2	28,3	28,5	27,4	29,8	29,2
3	29,4	30,2	29,9	30,8	29,3	30,1	28,4	3	28,9	29,5	28,2	29,9	27,3	29,2	31,9
4	29,1	29,6	30,4	32,1	30,8	29,2	28,5	4	28,8	28,3	30,1	29,4	27,7	32,1	29,4
5	29,1	27,5	23,3	31	29,9	30,1	28,4	5	28,6	28,9	28,7	28,3	28,3	29,7	30
6	29,2	29,6	22,9	29,9	30,9	29,2	28,7	6	28,7	29,4	29,8	28,9	28,1	30,5	29,6
7	29,4	29,2	29,5	30,8	29,7	28,7	28,5	7	28,6	29,2	29,7	29,8	24,3	29,1	32,1
8	29,1	29,8	28,4	30,2	27,3	30,4	28,5	8	28,5	28,8	30	27,3	28,7	30,8	29,7
9	29,3	30	30,2	29	28,5	31,4	28,8	9	28,9	29,5	29,1	29,2	28,4	29,3	30,9
10	29,2	29,7	31,2	28,9	29,8	30,9	28,6	10	28,6	29	28,8	27,6	28,5	31,3	31,5
11	29,2	30,3	30,7	29,4	29,1	31,6	30	11	28,8	28,9	29,2	27,2	28,1	31,8	30,7
12	29,4	26,6	30,4	29,9	29,4	31,8	29,2	12	28,6	29,7	28,2	27,5	28,2	31,6	30,3
13	29,2	28,1	31,7	29,9	31,9	29,2	29,1	13	28,5	29,5	28,6	27,5	28,3	29,7	30,8
14	29,4	29,8	30,4	28,9	31,4	29,8	28,8	14	28,9	30	31,2	28	29,6	31,5	30,2
15	29,3	31,8	31,5	30,5	31,6	30,7	29,2	15	28,8	28,9	34,3	32,1	33,4	31,8	30,1
Summe	468,5	471,5	474,2	486,6	479,1	482,1	460,4	Summe	460,1	467,9	475	464,7	457	485,7	485,4
MAX	29,7	31,8	31,9	32,5	31,9	31,8	30	MAX	29,1	30,2	34,3	34,1	33,4	32,1	32,1
MIN	29,1	26,6	22,9	28,9	27,3	28,7	28,4	MIN	28,5	28,3	28,2	27,2	24,3	28,7	29,2
Mittelwert	29,281	29,469	29,638	30,413	29,944	30,131	28,775	Mittelwert	28,756	29,244	29,688	29,044	28,563	30,356	30,338
STABW	0,1642	1,2115	2,6959	1,1123	1,1877	0,9307	0,4203	STABW	0,1788	0,483	1,565	1,8572	1,8952	1,1983	0,9077
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,6	24,7	23,1	22,5	25,4	25,2	26,4	0	26	25,9	23,6	20,9	24,2	26,2	25,7
1	25,3	25,6	23,8	23,2	24,8	25,3	26,5	1	25,9	26	25,6	25,6	25,1	26,3	25,3
2	25,9	25,4	24,4	24	25,3	25,5	26,4	2	26,2	24,8	26,7	26,5	27,6	25,2	25,8
3	25,6	24,8	25,1	24,2	25,7	24,9	26,6	3	26,1	25,5	26,8	25,1	27,7	25,8	23,1
4	25,9	25,4	24,6	22,9	24,2	25,8	26,5	4	26,2	26,7	24,9	25,6	27,3	22,9	25,6
5	25,9	27,5	31,7	24	25,1	24,9	26,6	5	26,4	26,1	26,3	26,7	26,7	25,3	25
6	25,8	25,4	32,1	25,1	24,1	25,8	26,3	6	26,3	25,6	25,2	26,1	26,9	24,5	25,4
7	25,6	25,8	25,5	24,2	25,3	26,3	26,5	7	26,4	25,8	25,3	25,2	30,7	25,9	22,9
8	25,9	25,2	26,6	24,8	27,7	24,6	26,5	8	26,5	26,2	25	27,7	26,3	24,2	25,3
9	25,7	25	24,8	26	26,5	23,6	26,2	9	26,1	25,5	25,9	25,8	26,6	25,7	24,1
10	25,8	25,3	23,8	26,1	25,2	24,1	26,4	10	26,4	26	26,2	27,4	26,5	23,7	23,5
11	25,8	24,7	24,3	25,6	25,9	23,4	25	11	26,2	26,1	25,8	27,8	26,9	23,2	24,3
12	25,6	28,4	24,6	25,1	25,6	23,2	25,8	12	26,4	25,3	26,8	27,5	26,8	23,4	24,7
13	25,8	26,9	23,3	25,1	23,1	25,8	25,9	13	26,5	25,5	26,4	27,5	26,7	25,3	24,2
14	25,6	25,2	24,6	26,1	23,6	25,2	26,2	14	26,1	25	23,8	27	25,4	23,5	24,8
15	25,7	23,2	23,5	24,5	23,4	24,3	25,8	15	26,2	26,1	20,7	22,9	21,6	23,2	24,9
Summe	411,5	408,5	405,8	393,4	400,9	397,9	419,6	Summe	419,9	412,1	405	415,3	423	394,3	394,6
MAX	25,9	28,4	32,1	26,1	27,7	26,3	26,6	MAX	26,5	26,7	26,8	27,8	30,7	26,3	25,8
MIN	25,3	23,2	23,1	22,5	23,1	23,2	25	MIN	25,9	24,8	20,7	20,9	21,6	22,9	22,9
Mittelwert	25,719	25,531	25,363	24,588	25,056	24,869	26,225	Mittelwert	26,244	25,756	25,313	25,956	26,438	24,644	24,663
STABW	0,1642	1,2115	2,6959	1,1123	1,1877	0,9307	0,4203	STABW	0,1788	0,483	1,565	1,8572	1,8952	1,1983	0,9077
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	0,9	1,8	3,4	4	1,1	1,3	0,1	0	0,5	0,6	2,9	5,6	2,3	0,3	0,8
1	1,2	0,9	2,7	3,3	1,7	1,2	0	1	0,6	0,5	0,9	0,9	1,4	0,2	1,2
2	0,6	1,1	2,1	2,5	1,2	1	0,1	2	0,3	1,7	-0,2	0	-1,1	1,3	0,7
3	0,9	1,7	1,4	2,3	0,8	1,6	-0,1	3	0,4	1	-0,3	1,4	-1,2	0,7	3,4
4	0,6	1,1	1,9	3,6	2,3	0,7	0	4	0,3	-0,2	1,6	0,9	-0,8	3,6	0,9
5	0,6	-1	-5,2	2,5	1,4	1,6	-0,1	5	0,1	0,4	0,2	-0,2	-0,2	1,2	1,5
6	0,7	1,1	-5,6	1,4	2,4	0,7	0,2	6	0,2	0,9	1,3	0,4	-0,4	2	1,1
7	0,9	0,7	1	2,3	1,2	0,2	0	7	0,1	0,7	1,2	1,3	-4,2	0,6	3,6
8	0,6	1,3	-0,1	1,7	-1,2	1,9	0	8	0	0,3	1,5	-1,2	0,2	2,3	1,2
9	0,8	1,5	1,7	0,5	0	2,9	0,3	9	0,4	1	0,6	0,7	-0,1	0,8	2,4
10	0,7	1,2	2,7	0,4	1,3	2,4	0,1	10	0,1	0,5	0,3	-0,9	0	2,8	3
11	0,7	1,8	2,2	0,9	0,6	3,1	1,5	11	0,3	0,4	0,7	-1,3	-0,4	3,3	2,2
12	0,9	-1,9	1,9	1,4	0,9	3,3	0,7	12	0,1	1,2	-0,3	-1	-0,3	3,1	1,8
13	0,7	-0,4	3,2	1,4	3,4	0,7	0,6	13	0	1	0,1	-1	-0,2	1,2	2,3
14	0,9	1,3	1,9	0,4	2,9	1,3	0,3	14	0,4	1,5	2,7	-0,5	1,1	3	1,7
15	0,8	3,3	3	2	3,1	2,2	0,7	15	0,3	0,4	5,8	3,6	4,9	3,3	1,6
Summe	12,5	15,5	18,2	30,6	23,1	26,1	4,4	Summe	4,1	11,9	19	8,7	1	29,7	29,4
MAX	1,2	3,3	3,4	4	3,4	3,3	1,5	MAX	0,6	1,7	5,8	5,6	4,9	3,6	3,6
MIN	0,6	-1,9	-5,6	0,4	-1,2	0,2	-0,1	MIN	0	-0,2	-0,3	-1,3	-4,2	0,2	0,7
Mittelwert	0,7813	0,9688	1,1375	1,9125	1,4438	1,6313	0,275	Mittelwert	0,2563	0,7438	1,1875	0,5438	0,0625	1,8563	1,8375
STABW	0,1642	1,2115	2,6959	1,1123	1,1877	0,9307	0,4203	STABW	0,1788	0,483	1,565	1,8572	1,8952	1,1983	0,9077

Tabelle A 34

## Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m horizontal Süden Platte A								10m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	30,2	31,9	31,5	32,3	32,4	34,6	30,9	0	30,6	29,2	37,9	41	40	33,4	38,1
1	28,8	29,2	30,2	29,4	32,8	36,3	34,6	1	30,1	30,3	33,3	35,3	33,8	33,1	37,6
2	31,1	29,7	29,4	32,8	32,9	30,8	35,9	2	31,6	33,1	35,2	32,2	34	31,5	34
3	30,3	29,7	30,8	32,3	32,1	30,9	34,4	3	30,5	31,4	32,5	31,7	33,3	34,5	31,4
4	29,4	29,5	31,3	33,5	32,8	25,1	32,7	4	30,6	34,1	33,1	31,9	32,3	34,7	32
5	30,5	30,2	32,2	33,1	31,4	24,2	39,1	5	38,8	34,9	34,4	33,9	34,2	36,2	32,4
6	30,1	31,1	31,7	33,8	34,1	32,4	39,3	6	31,6	32,9	33,1	32,8	32,5	34,9	33,1
7	31,5	30,5	30,2	33,6	33,1	29,3	39,1	7	29,9	37,4	32,8	32,1	31,6	35,2	30,6
8	29,6	31,6	30,5	31,6	32,5	32,8	35,4	8	33,6	30,5	32,6	33,9	31,7	34,9	33,6
9	32,6	32,1	32,7	31,8	33,1	30,5	30,7	9	30,6	32,4	32,8	32,9	33,4	30,7	32,9
10	31,9	31,5	33,1	33,8	31,2	30,9	34,8	10	31	34,2	33,5	34	32,7	32,5	31,7
11	34,1	29,8	31,1	33,1	31,5	30,7	36,6	11	31,6	33,2	31,3	32,5	33,8	33,9	32,3
12	31,2	29,7	30,1	33,7	31,6	30,4	34,1	12	30,7	32	33,1	34,1	33,6	31,9	30,3
13	32	31,9	30,9	32,9	32,7	32,8	34	13	32,5	31,1	33,9	31,6	31,4	33,7	31,8
14	31,8	31,9	30,3	34,4	36,3	32,9	36,1	14	31,5	31,9	33,3	30,7	31,6	33,4	32,9
15	31,9	36,8	31,5	36,7	44,6	31,8	37,4	15	32,4	31,6	33,9	31,4	33,6	36,1	34,6
Summe	497	497,1	497,5	528,8	535,1	496,4	565,1	Summe	507,6	520,2	536,7	532	533,5	540,6	529,3
MAX	34,1	36,8	33,1	36,7	44,6	36,3	39,3	MAX	38,8	37,4	37,9	41	40	36,2	38,1
MIN	28,8	29,2	29,4	29,4	31,2	24,2	30,7	MIN	29,9	29,2	31,3	30,7	31,4	30,7	30,3
Mittelwert	31,063	31,069	31,094	33,05	33,444	31,025	35,319	Mittelwert	31,725	32,513	33,544	33,25	33,344	33,788	33,081
STABW	1,347	1,8387	1,0043	1,5362	3,216	3,0379	2,6324	STABW	2,1224	2,0093	1,45	2,4025	2,0133	1,5866	2,1849
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	24,8	23,1	23,5	22,7	22,6	20,4	24,1	0	24,4	25,8	17,1	14	15	21,6	16,9
1	26,2	25,8	24,8	25,6	22,2	18,7	20,4	1	24,9	24,7	21,7	19,7	21,2	21,9	17,4
2	23,9	25,3	25,6	22,2	22,1	24,2	19,1	2	23,4	21,9	19,8	22,8	21	23,5	21
3	24,7	25,3	24,2	22,7	22,9	24,1	20,6	3	24,5	23,6	22,5	23,3	21,7	20,5	23,6
4	25,6	25,5	23,7	21,5	22,2	29,9	22,3	4	24,4	20,9	21,9	23,1	22,7	20,3	23
5	24,5	24,8	22,8	21,9	23,6	30,8	15,9	5	16,2	20,1	20,6	21,1	20,8	18,8	22,6
6	24,9	23,9	23,3	21,2	20,9	22,6	15,7	6	23,4	22,1	21,9	22,2	22,5	20,1	21,9
7	23,5	24,5	24,8	21,4	21,9	25,7	15,9	7	25,1	17,6	22,2	22,9	23,4	19,8	24,4
8	25,4	23,4	24,5	23,4	22,5	22,2	19,6	8	21,4	24,5	22,4	21,1	23,3	20,1	21,4
9	22,4	22,9	22,3	23,2	21,9	24,5	24,3	9	24,4	22,6	22,2	22,1	21,6	24,3	22,1
10	23,1	23,5	21,9	21,2	23,8	24,1	20,2	10	24	20,8	21,5	21	22,3	22,5	23,3
11	20,9	25,2	23,9	21,9	23,5	24,3	18,4	11	23,4	21,8	23,7	22,5	21,2	21,1	22,7
12	23,8	25,3	24,9	21,3	23,4	24,6	20,9	12	24,3	23	21,9	20,9	21,4	23,1	24,7
13	23	23,1	24,1	22,1	22,3	22,2	21	13	22,5	23,9	21,1	23,4	23,6	21,3	23,2
14	23,2	23,1	24,7	20,6	18,7	22,1	18,9	14	23,5	23,1	21,7	24,3	23,4	21,6	22,1
15	23,1	18,2	23,5	18,3	10,4	23,2	17,6	15	22,6	23,4	21,1	23,6	21,4	18,9	20,4
Summe	383	382,9	382,5	351,2	344,9	383,6	314,9	Summe	372,4	359,8	343,3	348	346,5	339,4	350,7
MAX	26,2	25,8	25,6	25,6	23,8	30,8	24,3	MAX	25,1	25,8	23,7	24,3	23,6	24,3	24,7
MIN	20,9	18,2	21,9	18,3	10,4	18,7	15,7	MIN	16,2	17,6	17,1	14	15	18,8	16,9
Mittelwert	23,938	23,931	23,906	21,95	21,556	23,975	19,681	Mittelwert	23,275	22,488	21,456	21,75	21,656	21,213	21,919
STABW	1,347	1,8387	1,0043	1,5362	3,216	3,0379	2,6324	STABW	2,1224	2,0093	1,45	2,4025	2,0133	1,5866	2,1849
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,7	3,4	3	3,8	3,9	6,1	2,4	0	2,1	0,7	9,4	12,5	11,5	4,9	9,6
1	0,3	0,7	1,7	0,9	4,3	7,8	6,1	1	1,6	1,8	4,8	6,8	5,3	4,6	9,1
2	2,6	1,2	0,9	4,3	4,4	2,3	7,4	2	3,1	4,6	6,7	3,7	5,5	3	5,5
3	1,8	1,2	2,3	3,8	3,6	2,4	5,9	3	2	2,9	4	3,2	4,8	6	2,9
4	0,9	1	2,8	5	4,3	-3,4	4,2	4	2,1	5,6	4,6	3,4	3,8	6,2	3,5
5	2	1,7	3,7	4,6	2,9	-4,3	10,6	5	10,3	6,4	5,9	5,4	5,7	7,7	3,9
6	1,6	2,6	3,2	5,3	5,6	3,9	10,8	6	3,1	4,4	4,6	4,3	4	6,4	4,6
7	3	2	1,7	5,1	4,6	0,8	10,6	7	1,4	8,9	4,3	3,6	3,1	6,7	2,1
8	1,1	3,1	2	3,1	4	4,3	6,9	8	5,1	2	4,1	5,4	3,2	6,4	5,1
9	4,1	3,6	4,2	3,3	4,6	2	2,2	9	2,1	3,9	4,3	4,4	4,9	2,2	4,4
10	3,4	3	4,6	5,3	2,7	2,4	6,3	10	2,5	5,7	5	5,5	4,2	4	3,2
11	5,6	1,3	2,6	4,6	3	2,2	8,1	11	3,1	4,7	2,8	4	5,3	5,4	3,8
12	2,7	1,2	1,6	5,2	3,1	1,9	5,6	12	2,2	3,5	4,6	5,6	5,1	3,4	1,8
13	3,5	3,4	2,4	4,4	4,2	4,3	5,5	13	4	2,6	5,4	3,1	2,9	5,2	3,3
14	3,3	3,4	1,8	5,9	7,8	4,4	7,6	14	3	3,4	4,8	2,2	3,1	4,9	4,4
15	3,4	8,3	3	8,2	16,1	3,3	8,9	15	3,9	3,1	5,4	2,9	5,1	7,6	6,1
Summe	41	41,1	41,5	72,8	79,1	40,4	109,1	Summe	51,6	64,2	80,7	76	77,5	84,6	73,3
MAX	5,6	8,3	4,6	8,2	16,1	7,8	10,8	MAX	10,3	8,9	9,4	12,5	11,5	7,7	9,6
MIN	0,3	0,7	0,9	0,9	2,7	-4,3	2,2	MIN	1,4	0,7	2,8	2,2	2,9	2,2	1,8
Mittelwert	2,5625	2,5688	2,5938	4,55	4,9438	2,525	6,8188	Mittelwert	3,225	4,0125	5,0438	4,75	4,8438	5,2875	4,5813
STABW	1,347	1,8387	1,0043	1,5362	3,216	3,0379	2,6324	STABW	2,1224	2,0093	1,45	2,4025	2,0133	1,5866	2,1849

Tabelle A 35

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m horizontal Süden Platte A								20m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	46,8	43,3	43,9	43,8	44,5	33,1	37,5	0	30,9	31,9	40,1	43,4	43,3	36,1	39,3
1	44,7	36,8	34,8	39,4	34,9	31,2	35,1	1	29,2	35,3	35,2	36,3	35,1	33,4	36,1
2	40,3	34,4	32,4	36,6	36	33,2	34,2	2	30,1	33,6	33,1	33,3	33,1	33,2	33,5
3	36,3	32,7	31,7	33,1	36,8	31,3	35,9	3	33,4	31,6	34,8	35	32,2	29,9	32,9
4	33,3	33,2	33,7	33,4	32,3	33,9	38	4	34	32,9	31,6	35,2	33,3	32,3	36,2
5	33,5	33,1	33	33,5	33,3	33,3	36,6	5	32	36	32,1	34,1	32,6	33,3	33,6
6	34,6	33,9	33,2	35,4	33,2	32,2	34,9	6	31,3	34,8	32,6	37,6	33,3	34,8	32,8
7	34,7	34,5	33,1	33,9	33,8	30,5	36,8	7	31,9	31,1	32,7	33,5	31,2	32,7	38,3
8	35,8	32,7	31,6	33,7	31,8	32,5	34,5	8	31,6	32,5	33,5	32,4	32,5	32,5	35
9	35,2	34,4	34	34,2	32,7	34	33,3	9	29,3	31,6	31,2	32,8	32,1	31,6	32,2
10	34,8	33,6	34,1	34	33,9	32,3	34,4	10	31,2	32,4	30,5	33,2	32,2	34,7	31,5
11	34,1	34,9	34,1	33,2	33,5	33,2	37,5	11	36,1	31,2	30,5	30,6	31,1	31,2	33,3
12	35,4	34,4	33,8	33	33,8	33,5	39,2	12	36,1	34,6	32,9	34,5	32,4	32,6	36,1
13	34,8	33,2	33,1	32,6	36,6	34,1	37,3	13	33,2	32,1	38,2	33,8	34,4	33,9	35,8
14	34,9	33,9	36,2	37,8	40,8	37	37,9	14	34,8	33,8	38,3	39	37,8	31,6	34,5
15	36,3	34,1	42,2	43,5	43,4	41,1	37,7	15	38	44,6	42,4	39,7	37,3	31,5	33,8
Summe	585,5	553,1	554,9	571,1	571,3	536,4	580,8	Summe	523,1	540	549,7	564,4	543,9	525,3	554,9
MAX	46,8	43,3	43,9	43,8	44,5	41,1	39,2	MAX	38	44,6	42,4	43,4	43,3	36,1	39,3
MIN	33,3	32,7	31,6	32,6	31,8	30,5	33,3	MIN	29,2	31,1	30,5	30,6	31,1	29,9	31,5
Mittelwert	36,594	34,569	34,681	35,694	35,706	33,525	36,3	Mittelwert	32,694	33,75	34,356	35,275	33,994	32,831	34,681
STABW	3,9267	2,5345	3,4672	3,632	3,9036	2,5088	1,71	STABW	2,5614	3,2666	3,5738	3,2431	3,1421	1,5577	2,1662
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	8,2	11,7	11,1	11,2	10,5	21,9	17,5	0	24,1	23,1	14,9	11,6	11,7	18,9	15,7
1	10,3	18,2	20,2	15,6	20,1	23,8	19,9	1	25,8	19,7	19,8	18,7	19,9	21,6	18,9
2	14,7	20,6	22,6	18,4	19	21,8	20,8	2	24,9	21,4	21,9	21,7	21,9	21,8	21,5
3	18,7	22,3	23,3	21,9	18,2	23,7	19,1	3	21,6	23,4	20,2	20	22,8	25,1	22,1
4	21,7	21,8	21,3	21,6	22,7	21,1	17	4	21	22,1	23,4	19,8	21,7	22,7	18,8
5	21,5	21,9	22	21,5	21,7	21,7	18,4	5	23	19	22,9	20,9	22,4	21,7	21,4
6	20,4	21,1	21,8	19,6	21,8	22,8	20,1	6	23,7	20,2	22,4	17,4	21,7	20,2	22,2
7	20,3	20,5	21,9	21,1	21,2	24,5	18,2	7	23,1	23,9	22,3	21,5	23,8	22,3	16,7
8	19,2	22,3	23,4	21,3	23,2	22,5	20,5	8	23,4	22,5	21,5	22,6	22,5	22,5	20
9	19,8	20,6	21	20,8	22,3	21	21,7	9	25,7	23,4	23,8	22,2	22,9	23,4	22,8
10	20,2	21,4	20,9	21	21,1	22,7	20,6	10	23,8	22,6	24,5	21,8	22,8	20,3	23,5
11	20,9	20,1	20,9	21,8	21,5	21,8	17,5	11	18,9	23,8	24,5	24,4	23,9	23,8	21,7
12	19,6	20,6	21,2	22	21,2	21,5	15,8	12	18,9	20,4	22,1	20,5	22,6	22,4	18,9
13	20,2	21,8	21,9	22,4	18,4	20,9	17,7	13	21,8	22,9	16,8	21,2	20,6	21,1	19,2
14	20,1	21,1	18,8	17,2	14,2	18	17,1	14	20,2	21,2	16,7	16	17,2	23,4	20,5
15	18,7	20,9	12,8	11,5	11,6	13,9	17,3	15	17	10,4	12,6	15,3	17,7	23,5	21,2
Summe	294,5	326,9	325,1	308,9	308,7	343,6	299,2	Summe	356,9	340	330,3	315,6	336,1	354,7	325,1
MAX	21,7	22,3	23,4	22,4	23,2	24,5	21,7	MAX	25,8	23,9	24,5	24,4	23,9	25,1	23,5
MIN	8,2	11,7	11,1	11,2	10,5	13,9	15,8	MIN	17	10,4	12,6	11,6	11,7	18,9	15,7
Mittelwert	18,406	20,431	20,319	19,306	19,294	21,475	18,7	Mittelwert	22,306	21,25	20,644	19,725	21,006	22,169	20,319
STABW	3,9267	2,5345	3,4672	3,632	3,9036	2,5088	1,71	STABW	2,5614	3,2666	3,5738	3,2431	3,1421	1,5577	2,1662
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	18,3	14,8	15,4	15,3	16	4,6	9	0	2,4	3,4	11,6	14,9	14,8	7,6	10,8
1	16,2	8,3	6,3	10,9	6,4	2,7	6,6	1	0,7	6,8	6,7	7,8	6,6	4,9	7,6
2	11,8	5,9	3,9	8,1	7,5	4,7	5,7	2	1,6	5,1	4,6	4,8	4,6	4,7	5
3	7,8	4,2	3,2	4,6	8,3	2,8	7,4	3	4,9	3,1	6,3	6,5	3,7	1,4	4,4
4	4,8	4,7	5,2	4,9	3,8	5,4	9,5	4	5,5	4,4	3,1	6,7	4,8	3,8	7,7
5	5	4,6	4,5	5	4,8	4,8	8,1	5	3,5	7,5	3,6	5,6	4,1	4,8	5,1
6	6,1	5,4	4,7	6,9	4,7	3,7	6,4	6	2,8	6,3	4,1	9,1	4,8	6,3	4,3
7	6,2	6	4,6	5,4	5,3	2	8,3	7	3,4	2,6	4,2	5	2,7	4,2	9,8
8	7,3	4,2	3,1	5,2	3,3	4	6	8	3,1	4	5	3,9	4	4	6,5
9	6,7	5,9	5,5	5,7	4,2	5,5	4,8	9	0,8	3,1	2,7	4,3	3,6	3,1	3,7
10	6,3	5,1	5,6	5,5	5,4	3,8	5,9	10	2,7	3,9	2	4,7	3,7	6,2	3
11	5,6	6,4	5,6	4,7	5	4,7	9	11	7,6	2,7	2	2,1	2,6	2,7	4,8
12	6,9	5,9	5,3	4,5	5,3	5	10,7	12	7,6	6,1	4,4	6	3,9	4,1	7,6
13	6,3	4,7	4,6	4,1	8,1	5,6	8,8	13	4,7	3,6	9,7	5,3	5,9	5,4	7,3
14	6,4	5,4	7,7	9,3	12,3	8,5	9,4	14	6,3	5,3	9,8	10,5	9,3	3,1	6
15	7,8	5,6	13,7	15	14,9	12,6	9,2	15	9,5	16,1	13,9	11,2	8,8	3	5,3
Summe	129,5	97,1	98,9	115,1	115,3	80,4	124,8	Summe	67,1	84	93,7	108,4	87,9	69,3	98,9
MAX	18,3	14,8	15,4	15,3	16	12,6	10,7	MAX	9,5	16,1	13,9	14,9	14,8	7,6	10,8
MIN	4,8	4,2	3,1	4,1	3,3	2	4,8	MIN	0,7	2,6	2	2,1	2,6	1,4	3
Mittelwert	8,0938	6,0688	6,1813	7,1938	7,2063	5,025	7,8	Mittelwert	4,1938	5,25	5,8563	6,775	5,4938	4,3313	6,1813
STABW	3,9267	2,5345	3,4672	3,632	3,9036	2,5088	1,71	STABW	2,5614	3,2666	3,5738	3,2431	3,1421	1,5577	2,1662

Tabelle A 36

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m vertikal Süden Platte A								10m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	37,8	31,5	39,8	35,1	40,5	32,8	32,8	0	36,7	32	35,2	34,1	35,9	39,7	37,6
1	36,8	30,2	32,7	33,1	34,2	33,9	31,6	1	36,1	32,3	31,8	32,8	34,9	38,1	37,5
2	35,7	30,3	32,8	32,4	30,1	32,3	31,7	2	32,7	29,3	31,4	31,6	34,6	34,9	37,2
3	37,8	30,5	31,1	29,9	30,2	33,7	43,4	3	33,1	31,4	33,5	30,4	32,4	33,1	38,8
4	37,2	29,4	32,2	31,8	32,6	32,6	37,2	4	32,6	31,4	30,6	32,6	33,1	32,7	38,8
5	36,9	31,6	30,2	31,8	32,7	31,4	37,2	5	32,8	30,6	31,1	30,8	30,2	31	40
6	34,4	32,1	31,3	31,8	30,5	32,3	42,2	6	33,5	30,2	30,3	29,8	31,3	33,1	35,8
7	32,6	31,8	32,3	31,2	29,6	32,2	39,8	7	31,1	30,6	30,4	30,7	30,8	30,5	35,1
8	32,8	32,5	30	31,6	29,6	31,8	37,7	8	33,5	31,5	29,2	30,5	30,4	30,4	34,2
9	32,9	33,7	30,6	31,7	31,3	31,4	40,2	9	33,8	29,7	29,6	32,1	31,9	29,4	30,2
10	33,6	31,6	29,7	32,7	32,1	31,1	39,3	10	30,6	31,7	30,5	31	31,1	29,9	35,3
11	32,4	30,5	32,1	32,7	31,1	32,4	39,4	11	30,7	30,3	30,2	30,5	31,9	31,3	36,5
12	31,7	31,6	32,2	32,7	31,8	33,7	39,2	12	33,6	30,6	29,6	33,4	32,1	31,5	38,3
13	33,1	30	31,1	31,1	31,4	33,7	38,3	13	33,2	34,2	30,9	32,4	32,2	30,1	40,1
14	32,5	31,1	34,3	34,4	31,8	32,2	40,3	14	32,2	32,9	32,3	33,1	34,2	32,6	36,2
15	31,5	32	44,3	46,8	34,8	34,7	38,4	15	30,9	32,1	35,3	36,9	34,6	33,8	37,9
Summe	549,7	500,4	526,7	530,8	514,3	522,2	608,7	Summe	527,1	500,8	501,9	512,7	521,6	522,1	589,5
MAX	37,8	33,7	44,3	46,8	40,5	34,7	43,4	MAX	36,7	34,2	35,3	36,9	35,9	39,7	40,1
MIN	31,5	29,4	29,7	29,9	29,6	31,1	31,6	MIN	30,6	29,3	29,2	29,8	30,2	29,4	30,2
Mittelwert	34,356	31,275	32,919	33,175	32,144	32,638	38,044	Mittelwert	32,944	31,3	31,369	32,044	32,6	32,631	36,844
STABW	2,285	1,0866	3,8456	3,8418	2,681	1,0346	3,4112	STABW	1,7282	1,2533	1,8579	1,8059	1,755	2,9026	2,4598
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	17,2	23,5	15,2	19,9	14,5	22,2	22,2	0	18,3	23	19,8	20,9	19,1	15,3	17,4
1	18,2	24,8	22,3	21,9	20,8	21,1	23,4	1	18,9	22,7	23,2	22,2	20,1	16,9	17,5
2	19,3	24,7	22,2	22,6	24,9	22,7	23,3	2	22,3	25,7	23,6	23,4	20,4	20,1	17,8
3	17,2	24,5	23,9	25,1	24,8	21,3	11,6	3	21,9	23,6	21,5	24,6	22,6	21,9	16,2
4	17,8	25,6	22,8	23,2	22,4	22,4	17,8	4	22,4	23,6	24,4	22,4	21,9	22,3	16,2
5	18,1	23,4	24,8	23,2	22,3	23,6	17,8	5	22,2	24,4	23,9	24,2	24,8	24	15
6	20,6	22,9	23,7	23,2	24,5	22,7	12,8	6	21,5	24,8	24,7	25,2	23,7	21,9	19,2
7	22,4	23,2	22,7	23,8	25,4	22,8	15,2	7	23,9	24,4	24,6	24,3	24,2	24,5	19,9
8	22,2	22,5	25	23,4	25,4	23,2	17,3	8	21,5	23,5	25,8	24,5	24,6	24,6	20,8
9	22,1	21,3	24,4	23,3	23,7	23,6	14,8	9	21,2	25,3	25,4	22,9	23,1	25,6	24,8
10	21,4	23,4	25,3	22,3	22,9	23,9	15,7	10	24,4	23,3	24,5	24	23,9	25,1	19,7
11	22,6	24,5	22,9	22,3	23,9	22,6	15,6	11	24,3	24,7	24,8	24,5	23,1	23,7	18,5
12	23,3	23,4	22,8	22,3	23,2	21,3	15,8	12	21,4	24,4	25,4	21,6	22,9	23,5	16,7
13	21,9	25	23,9	23,9	23,6	21,3	16,7	13	21,8	20,8	24,1	22,6	22,8	24,9	14,9
14	22,5	23,9	20,7	20,6	23,2	22,8	14,7	14	22,8	22,1	22,7	21,9	20,8	22,4	18,8
15	23,5	23	10,7	8,2	20,2	20,3	16,6	15	24,1	22,9	19,7	18,1	20,4	21,2	17,1
Summe	330,3	379,6	353,3	349,2	365,7	357,8	271,3	Summe	352,9	379,2	378,1	367,3	358,4	357,9	290,5
MAX	23,5	25,6	25,3	25,1	25,4	23,9	23,4	MAX	24,4	25,7	25,8	25,2	24,8	25,6	24,8
MIN	17,2	21,3	10,7	8,2	14,5	20,3	11,6	MIN	18,3	20,8	19,7	18,1	19,1	15,3	14,9
Mittelwert	20,644	23,725	22,081	21,825	22,856	22,363	16,956	Mittelwert	22,056	23,7	23,631	22,956	22,4	22,369	18,156
STABW	2,285	1,0866	3,8456	3,8418	2,681	1,0346	3,4112	STABW	1,7282	1,2533	1,8579	1,8059	1,755	2,9026	2,4598
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	9,3	3	11,3	6,6	12	4,3	4,3	0	8,2	3,5	6,7	5,6	7,4	11,2	9,1
1	8,3	1,7	4,2	4,6	5,7	5,4	3,1	1	7,6	3,8	3,3	4,3	6,4	9,6	9
2	7,2	1,8	4,3	3,9	1,6	3,8	3,2	2	4,2	0,8	2,9	3,1	6,1	6,4	8,7
3	9,3	2	2,6	1,4	1,7	5,2	14,9	3	4,6	2,9	5	1,9	3,9	4,6	10,3
4	8,7	0,9	3,7	3,3	4,1	4,1	8,7	4	4,1	2,9	2,1	4,1	4,6	4,2	10,3
5	8,4	3,1	1,7	3,3	4,2	2,9	8,7	5	4,3	2,1	2,6	2,3	1,7	2,5	11,5
6	5,9	3,6	2,8	3,3	2	3,8	13,7	6	5	1,7	1,8	1,3	2,8	4,6	7,3
7	4,1	3,3	3,8	2,7	1,1	3,7	11,3	7	2,6	2,1	1,9	2,2	2,3	2	6,6
8	4,3	4	1,5	3,1	1,1	3,3	9,2	8	5	3	0,7	2	1,9	1,9	5,7
9	4,4	5,2	2,1	3,2	2,8	2,9	11,7	9	5,3	1,2	1,1	3,6	3,4	0,9	1,7
10	5,1	3,1	1,2	4,2	3,6	2,6	10,8	10	2,1	3,2	2	2,5	2,6	1,4	6,8
11	3,9	2	3,6	4,2	2,6	3,9	10,9	11	2,2	1,8	1,7	2	3,4	2,8	8
12	3,2	3,1	3,7	4,2	3,3	5,2	10,7	12	5,1	2,1	1,1	4,9	3,6	3	9,8
13	4,6	1,5	2,6	2,6	2,9	5,2	9,8	13	4,7	5,7	2,4	3,9	3,7	1,6	11,6
14	4	2,6	5,8	5,9	3,3	3,7	11,8	14	3,7	4,4	3,8	4,6	5,7	4,1	7,7
15	3	3,5	15,8	18,3	6,3	6,2	9,9	15	2,4	3,6	6,8	8,4	6,1	5,3	9,4
Summe	93,7	44,4	70,7	74,8	58,3	66,2	152,7	Summe	71,1	44,8	45,9	56,7	65,6	66,1	133,5
MAX	9,3	5,2	15,8	18,3	12	6,2	14,9	MAX	8,2	5,7	6,8	8,4	7,4	11,2	11,6
MIN	3	0,9	1,2	1,4	1,1	2,6	3,1	MIN	2,1	0,8	0,7	1,3	1,7	0,9	1,7
Mittelwert	5,8563	2,775	4,4188	4,675	3,6438	4,1375	9,5438	Mittelwert	4,4438	2,8	2,8688	3,5438	4,1	4,1313	8,3438
STABW	2,285	1,0866	3,8456	3,8418	2,681	1,0346	3,4112	STABW	1,7282	1,2533	1,8579	1,8059	1,755	2,9026	2,4598

Tabelle A 37



# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

2 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Süden Platte A								20m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	38,9	34,1	32,7	31,7	34,1	36,6	38,8	0	39,5	32,9	38,9	32,5	31,3	31,6	38,5
1	32,8	30,4	31,1	30,2	31,5	31,9	34,8	1	36,3	30,7	31,8	30,7	30,3	29,9	32
2	28,5	28,9	29,6	29,7	30,4	29,7	32,7	2	30,5	31,5	31,6	29,9	30,8	30,5	32,2
3	31,4	28,6	30,5	30,8	29,8	30,5	31	3	33,5	31,4	30,5	31,2	29,1	29,4	31,8
4	33,1	31,2	30	31,4	29,5	29,8	33,1	4	32	30,5	31,2	30,6	29,1	29,8	31,5
5	33,4	29,8	29,2	30,3	31,3	29,7	31,4	5	36,4	30	29,6	30,9	30,8	30,1	34,4
6	32,6	29,3	29,5	30	29,8	29,2	33	6	33,1	30,9	29,4	30,5	30,3	29,6	34,3
7	31,1	29,9	29,8	29,8	30,6	30,1	30,8	7	33,6	29,8	30	29,2	30,8	29,5	32,7
8	32,8	30,7	28,8	29,4	30,2	30,9	31,2	8	33,7	29,9	31,5	29,7	30,8	29	36,4
9	29,2	31,3	29,9	29,9	29,7	32	32,6	9	33,2	29,7	31,8	29,6	29,7	29,7	34,2
10	31,7	30,2	30,4	30	30,1	30,9	33,3	10	29,8	30,6	29,4	29,4	29,5	30,9	35,7
11	28,5	29,6	30,6	30	30,9	29,9	32,9	11	30,8	30,2	31,5	30	30,3	30,2	35,5
12	32,9	29,7	30,6	31,2	29,8	30,5	34,4	12	35,8	30,4	29,8	30,2	30,5	30,1	31,9
13	34,1	31,7	29,3	30,9	30,8	31,2	34,7	13	32,3	30,7	29,2	31,3	29,2	29,4	30,8
14	36,2	32,8	32,2	33,9	30,9	31,6	34	14	30,4	30,6	30,1	30,7	29,7	30,2	35,2
15	43,1	35,5	36,5	39,4	35,2	34,3	32,6	15	30,7	32,4	32,1	35,2	31,9	31,9	32,7
Summe	530,3	493,7	490,7	498,6	494,6	498,8	531,3	Summe	531,6	492,2	498,4	491,6	484,1	481,8	539,8
MAX	43,1	35,5	36,5	39,4	35,2	36,6	38,8	MAX	39,5	32,9	38,9	35,2	31,9	31,9	38,5
MIN	28,5	28,6	28,8	29,4	29,5	29,2	30,8	MIN	29,8	29,7	29,2	29,2	29,1	29	30,8
Mittelwert	33,144	30,856	30,669	31,163	30,913	31,175	33,206	Mittelwert	33,225	30,763	31,15	30,725	30,256	30,113	33,738
STABW	3,752	1,8945	1,8725	2,4538	1,5866	1,9074	1,9529	STABW	2,6802	0,901	2,2987	1,454	0,8173	0,7915	2,1313
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	16,1	20,9	22,3	23,3	20,9	18,4	16,2	0	15,5	22,1	16,1	22,5	23,7	23,4	16,5
1	22,2	24,6	23,9	24,8	23,5	23,1	20,2	1	18,7	24,3	23,2	24,3	24,7	25,1	23
2	26,5	26,1	25,4	25,3	24,6	25,3	22,3	2	24,5	23,5	23,4	25,1	24,2	24,5	22,8
3	23,6	26,4	24,5	24,2	25,2	24,5	24	3	21,5	23,6	24,5	23,8	25,9	25,6	23,2
4	21,9	23,8	25	23,6	25,5	25,2	21,9	4	23	24,5	23,8	24,4	25,9	25,2	23,5
5	21,6	25,2	25,8	24,7	23,7	25,3	23,6	5	18,6	25	25,4	24,1	24,2	24,9	20,6
6	22,4	25,7	25,5	25	25,2	25,8	22	6	21,9	24,1	25,6	24,5	24,7	25,4	20,7
7	23,9	25,1	25,2	25,2	24,4	24,9	24,2	7	21,4	25,2	25	25,8	24,2	25,5	22,3
8	22,2	24,3	26,2	25,6	24,8	24,1	23,8	8	21,3	25,1	23,5	25,3	24,2	26	18,6
9	25,8	23,7	25,1	25,1	25,3	23	22,4	9	21,8	25,3	23,2	25,4	25,3	25,3	20,8
10	23,3	24,8	24,6	25	24,9	24,1	21,7	10	25,2	24,4	25,6	25,6	25,5	24,1	19,3
11	26,5	25,4	24,4	25	24,1	25,1	22,1	11	24,2	24,8	23,5	25	24,7	24,8	19,5
12	22,1	25,3	24,4	23,8	25,2	24,5	20,6	12	19,2	24,6	25,2	24,8	24,5	24,9	23,1
13	20,9	23,3	25,7	24,1	24,2	23,8	20,3	13	22,7	24,3	25,8	23,7	25,8	25,6	24,2
14	18,8	22,2	22,8	21,1	24,1	23,4	21	14	24,6	24,4	24,9	24,3	25,3	24,8	19,8
15	11,9	19,5	18,5	15,6	19,8	20,7	22,4	15	24,3	22,6	22,9	19,8	23,1	23,1	22,3
Summe	349,7	386,3	389,3	381,4	385,4	381,2	348,7	Summe	348,4	387,8	381,6	388,4	395,9	398,2	340,2
MAX	26,5	26,4	26,2	25,6	25,5	25,8	24,2	MAX	25,2	25,3	25,8	25,8	25,9	26	24,2
MIN	11,9	19,5	18,5	15,6	19,8	18,4	16,2	MIN	15,5	22,1	16,1	19,8	23,1	23,1	16,5
Mittelwert	21,856	24,144	24,331	23,838	24,088	23,825	21,794	Mittelwert	21,775	24,238	23,85	24,275	24,744	24,888	21,263
STABW	3,752	1,8945	1,8725	2,4538	1,5866	1,9074	1,9529	STABW	2,6802	0,901	2,2987	1,454	0,8173	0,7915	2,1313
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	10,4	5,6	4,2	3,2	5,6	8,1	10,3	0	11	4,4	10,4	4	2,8	3,1	10
1	4,3	1,9	2,6	1,7	3	3,4	6,3	1	7,8	2,2	3,3	2,2	1,8	1,4	3,5
2	0	0,4	1,1	1,2	1,9	1,2	4,2	2	2	3	3,1	1,4	2,3	2	3,7
3	2,9	0,1	2	2,3	1,3	2	2,5	3	5	2,9	2	2,7	0,6	0,9	3,3
4	4,6	2,7	1,5	2,9	1	1,3	4,6	4	3,5	2	2,7	2,1	0,6	1,3	3
5	4,9	1,3	0,7	1,8	2,8	1,2	2,9	5	7,9	1,5	1,1	2,4	2,3	1,6	5,9
6	4,1	0,8	1	1,5	1,3	0,7	4,5	6	4,6	2,4	0,9	2	1,8	1,1	5,8
7	2,6	1,4	1,3	1,3	2,1	1,6	2,3	7	5,1	1,3	1,5	0,7	2,3	1	4,2
8	4,3	2,2	0,3	0,9	1,7	2,4	2,7	8	5,2	1,4	3	1,2	2,3	0,5	7,9
9	0,7	2,8	1,4	1,4	1,2	3,5	4,1	9	4,7	1,2	3,3	1,1	1,2	1,2	5,7
10	3,2	1,7	1,9	1,5	1,6	2,4	4,8	10	1,3	2,1	0,9	0,9	1	2,4	7,2
11	0	1,1	2,1	1,5	2,4	1,4	4,4	11	2,3	1,7	3	1,5	1,8	1,7	7
12	4,4	1,2	2,1	2,7	1,3	2	5,9	12	7,3	1,9	1,3	1,7	2	1,6	3,4
13	5,6	3,2	0,8	2,4	2,3	2,7	6,2	13	3,8	2,2	0,7	2,8	0,7	0,9	2,3
14	7,7	4,3	3,7	5,4	2,4	3,1	5,5	14	1,9	2,1	1,6	2,2	1,2	1,7	6,7
15	14,6	7	8	10,9	6,7	5,8	4,1	15	2,2	3,9	3,6	6,7	3,4	3,4	4,2
Summe	74,3	37,7	34,7	42,6	38,6	42,8	75,3	Summe	75,6	36,2	42,4	35,6	28,1	25,8	83,8
MAX	14,6	7	8	10,9	6,7	8,1	10,3	MAX	11	4,4	10,4	6,7	3,4	3,4	10
MIN	0	0,1	0,3	0,9	1	0,7	2,3	MIN	1,3	1,2	0,7	0,7	0,6	0,5	2,3
Mittelwert	4,6438	2,3563	2,1688	2,6625	2,4125	2,675	4,7063	Mittelwert	4,725	2,2625	2,65	2,225	1,7563	1,6125	5,2375
STABW	3,752	1,8945	1,8725	2,4538	1,5866	1,9074	1,9529	STABW	2,6802	0,901	2,2987	1,454	0,8173	0,7915	2,1313

Tabelle A 38

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m vertikal Norden Platte A								10m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,2	29,4	29,8	29,5	27,8	28,1	28,5	0	28,5	27,8	28,7	29,8	28,6	28,5	30,7
1	28,3	28,9	28,8	28,7	27,1	28,3	28,6	1	28,1	29,0	28,6	29,9	29,2	30,3	29,4
2	28,5	28,3	26,9	28,1	28,8	28,1	28,4	2	28,0	27,9	29,6	28,7	29,5	30,8	32,3
3	27,4	28,8	29,3	30,4	29,7	27,1	28,9	3	28,2	28,4	28,9	28,9	28,6	28,9	29,7
4	28,6	29,1	31,9	29,5	29,8	30,6	28,9	4	28,5	28,0	30,2	29,8	28,4	29,0	30,0
5	30,3	27,1	30,9	29,4	28,8	29,2	28,9	5	27,8	28,2	29,0	30,6	28,6	27,9	28,5
6	26,2	24,9	29,7	29,1	28,8	28,9	28,7	6	28,0	28,9	30,3	29,0	28,0	27,9	28,1
7	26,3	22,6	29,0	27,3	27,0	30,3	28,8	7	28,4	28,4	29,1	28,6	29,5	29,2	29,3
8	26,5	25,0	29,1	27,3	28,8	29,3	29,1	8	28,5	30,0	28,4	28,5	27,1	29,4	28,4
9	26,8	27,3	30,6	28,7	29,6	29,0	30,9	9	28,7	29,2	28,8	28,1	27,1	29,4	28,6
10	27,3	31,2	30,9	28,8	30,0	29,6	29,5	10	28,6	28,2	28,7	29,3	29,1	30,0	29,2
11	28,2	29,3	31,3	30,0	29,8	30,7	29,8	11	28,5	30,1	28,5	28,8	29,1	28,7	28,2
12	28,7	29,5	29,7	30,6	31,4	30,1	29,4	12	28,3	28,2	30,2	29,3	28,7	29,0	27,9
13	28,8	29,1	29,6	29,0	30,7	30,5	30,6	13	29,1	28,9	28,0	29,9	30,3	28,7	27,8
14	28,0	29,5	30,0	29,0	31,5	29,4	29,9	14	28,9	28,7	30,5	29,6	28,4	31,1	28,5
15	28,5	28,7	31,0	28,8	28,9	29,9	29,7	15	29,3	29,7	32,4	30,0	31,3	31,8	28,9
Summe	447,4	448,5	478,4	464,0	468,4	469,1	468,5	Summe	455,2	459,5	469,8	468,5	461,5	470,7	465,5
MAX	30,3	31,2	31,9	30,6	31,5	30,7	30,9	MAX	29,3	30,1	32,4	30,6	31,3	31,8	32,3
MIN	26,2	22,6	26,9	27,3	27,0	27,1	28,4	MIN	27,8	27,8	28,0	28,1	27,1	27,9	27,8
Mittelwert	27,962	28,033	29,903	28,997	29,276	29,316	29,281	Mittelwert	28,451	28,718	29,362	29,283	28,846	29,418	29,096
STABW	1,1341	2,1827	1,1957	0,9327	1,3084	1,0272	0,7401	STABW	0,4182	0,7323	1,1096	0,6939	1,0674	1,1226	1,1841
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,8	25,6	25,2	25,5	27,2	26,9	26,5	0	26,5	27,2	26,3	25,2	26,4	26,5	24,3
1	26,7	26,1	26,2	26,3	27,9	26,7	26,4	1	26,9	26,0	26,4	25,1	25,8	24,7	25,6
2	26,5	26,7	28,1	26,9	26,2	26,9	26,6	2	27,1	27,1	25,4	26,3	25,5	24,2	22,7
3	27,6	26,2	25,7	24,6	25,3	27,9	26,1	3	26,8	26,6	26,1	26,1	26,4	26,1	25,3
4	26,4	25,9	23,2	25,5	25,2	24,4	26,1	4	26,5	27,0	24,8	25,2	26,6	26,0	25,0
5	24,7	27,9	24,1	25,6	26,3	25,8	26,1	5	27,2	26,9	26,0	24,4	26,4	27,1	26,5
6	28,8	30,1	25,3	25,9	26,2	26,1	26,3	6	27,0	26,1	24,7	26,1	27,1	27,1	26,9
7	28,8	32,4	26,0	27,7	28,0	24,7	26,2	7	26,6	26,6	25,9	26,4	25,5	25,8	25,7
8	28,5	30,1	25,9	27,8	26,2	25,7	25,9	8	26,5	25,0	26,7	26,5	27,9	25,7	26,6
9	28,2	27,8	24,4	26,3	25,4	26,0	24,1	9	26,4	25,9	26,2	27,0	27,9	25,6	26,4
10	27,7	23,8	24,1	26,2	25,0	25,4	25,5	10	26,4	26,8	26,3	25,7	25,9	25,0	25,8
11	26,9	25,7	23,7	25,1	25,2	24,3	25,2	11	26,5	24,9	26,5	26,3	25,9	26,3	26,8
12	26,3	25,5	25,3	24,4	23,6	24,9	25,6	12	26,8	26,8	24,9	25,7	26,3	26,0	27,1
13	26,2	25,9	25,5	26,0	24,3	24,6	24,4	13	25,9	26,1	27,0	25,1	24,7	26,3	27,2
14	27,0	25,5	25,0	26,0	23,5	25,6	25,1	14	26,1	26,4	24,5	25,4	26,6	23,9	26,5
15	26,5	26,3	24,0	26,2	26,1	25,1	25,3	15	25,7	25,3	22,6	25,0	23,7	23,2	26,2
Summe	432,6	431,5	401,6	416,1	411,6	410,9	411,5	Summe	424,8	420,5	410,2	411,5	418,5	409,3	414,5
MAX	28,8	32,4	28,1	27,8	28,0	27,9	26,6	MAX	27,2	27,2	27,0	27,0	27,9	27,1	27,2
MIN	24,7	23,8	23,2	24,4	23,5	24,3	24,1	MIN	25,7	24,9	22,6	24,4	23,7	23,2	22,7
Mittelwert	27,038	26,967	25,098	26,003	25,724	25,684	25,719	Mittelwert	26,549	26,283	25,638	25,717	26,154	25,583	25,904
STABW	1,1341	2,1827	1,1957	0,9327	1,3084	1,0272	0,7401	STABW	0,4182	0,7323	1,1096	0,6939	1,0674	1,1226	1,1841
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	0,7	0,9	1,3	1,0	-0,7	-0,4	0,0	0	0,0	-0,7	0,2	1,3	0,1	0,0	2,2
1	-0,2	0,4	0,3	0,2	-1,4	-0,2	0,1	1	-0,4	0,5	0,1	1,4	0,7	1,8	0,9
2	0,0	-0,2	-1,6	-0,4	0,3	-0,4	-0,1	2	-0,6	-0,6	1,1	0,2	1,0	2,3	3,8
3	-1,1	0,3	0,8	1,9	1,2	-1,4	0,4	3	-0,3	-0,1	0,4	0,4	0,1	0,4	1,2
4	0,1	0,6	3,4	1,0	1,3	2,1	0,4	4	0,0	-0,5	1,7	1,3	-0,1	0,5	1,5
5	1,8	-1,4	2,4	0,9	0,3	0,7	0,4	5	-0,7	-0,4	0,5	2,1	0,1	-0,6	0,0
6	-2,3	-3,6	1,2	0,6	0,3	0,4	0,2	6	-0,5	0,4	1,8	0,4	-0,6	-0,6	-0,4
7	-2,3	-5,9	0,5	-1,2	-1,5	1,8	0,3	7	-0,1	-0,1	0,6	0,1	1,0	0,7	0,8
8	-2,0	-3,6	0,6	-1,3	0,3	0,8	0,6	8	0,0	1,5	-0,1	0,0	-1,4	0,9	-0,1
9	-1,7	-1,3	2,1	0,2	1,1	0,5	2,4	9	0,1	0,6	0,3	-0,4	-1,4	0,9	0,1
10	-1,2	2,7	2,4	0,3	1,5	1,1	1,0	10	0,1	-0,3	0,2	0,8	0,6	1,5	0,7
11	-0,4	0,8	2,8	1,5	1,3	2,2	1,3	11	0,0	1,6	0,0	0,3	0,6	0,2	-0,3
12	0,2	1,0	1,2	2,1	2,9	1,6	0,9	12	-0,3	-0,3	1,7	0,8	0,2	0,5	-0,6
13	0,3	0,6	1,1	0,5	2,2	2,0	2,1	13	0,6	0,4	-0,5	1,4	1,8	0,2	-0,7
14	-0,5	1,0	1,5	0,5	3,0	0,9	1,4	14	0,4	0,1	2,0	1,1	-0,1	2,6	0,0
15	0,0	0,2	2,5	0,3	0,4	1,4	1,2	15	0,8	1,2	3,9	1,5	2,8	3,3	0,4
Summe	-8,6	-7,5	22,4	8,0	12,4	13,1	12,5	Summe	-0,8	3,5	13,8	12,5	5,5	14,7	9,5
MAX	1,8	2,7	3,4	2,1	3,0	2,2	2,4	MAX	0,8	1,6	3,9	2,1	2,8	3,3	3,8
MIN	-2,3	-5,9	-1,6	-1,3	-1,5	-1,4	-0,1	MIN	-0,7	-0,7	-0,5	-0,4	-1,4	-0,6	-0,7
Mittelwert	-0,538	-0,467	1,4025	0,4969	0,7756	0,8163	0,7806	Mittelwert	-0,049	0,2175	0,8619	0,7831	0,3456	0,9175	0,5956
STABW	1,1341	2,1827	1,1957	0,9327	1,3084	1,0272	0,7401	STABW	0,4182	0,7323	1,1096	0,6939	1,0674	1,1226	1,1841

Tabelle A 39

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Norden Platte A								20m vertikal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	36,6	29,7	30,6	29,0	31,5	29,4	31,4	0	30,4	29,5	29,0	31,1	33,4	30,2	29,7
1	29,9	29,1	29,5	29,5	29,4	28,4	31,3	1	26,6	28,9	27,7	28,6	31,1	30,5	28,8
2	29,4	28,9	29,5	30,1	29,6	28,6	28,2	2	27,1	28,8	28,5	27,8	29,0	29,9	29,2
3	29,3	28,6	23,2	28,6	28,1	27,7	29,3	3	26,3	28,8	27,8	26,9	27,4	29,7	29,2
4	29,4	27,1	22,7	28,0	26,0	26,7	29,4	4	27,2	27,4	28,0	26,6	27,4	29,7	28,7
5	29,3	25,4	27,0	28,8	17,7	25,4	29,1	5	27,2	28,5	26,9	26,4	27,4	28,8	27,7
6	28,9	29,8	28,8	29,1	26,9	28,3	28,9	6	27,3	28,2	27,7	25,9	27,3	28,9	28,7
7	29,2	28,9	29,0	29,4	29,4	29,1	28,4	7	26,9	28,2	27,8	26,9	28,5	27,9	28,9
8	29,3	28,4	28,5	29,3	29,1	28,9	28,8	8	27,8	28,7	27,6	29,0	28,2	27,7	29,2
9	28,9	28,2	28,9	27,1	23,8	28,6	29,2	9	28,0	28,4	27,1	27,6	28,2	25,9	27,2
10	29,0	28,1	28,5	29,2	26,0	28,9	26,9	10	28,0	27,4	26,8	27,6	28,5	21,6	26,6
11	29,1	28,2	29,5	30,1	26,6	26,8	29,0	11	27,7	26,6	25,8	26,8	26,2	24,0	26,8
12	29,1	28,9	29,0	29,7	28,5	27,2	26,7	12	26,8	27,9	27,2	27,7	27,0	23,2	26,5
13	28,1	28,7	28,8	31,3	27,7	28,2	28,5	13	26,5	27,0	29,5	26,8	24,4	25,2	26,8
14	29,3	29,3	28,5	29,3	27,9	28,7	28,9	14	28,7	27,6	28,5	26,9	23,4	25,7	26,3
15	29,4	28,5	28,8	29,5	29,2	28,1	28,9	15	28,7	29,6	28,3	27,6	27,9	26,9	27,5
Summe	474,1	456,0	450,6	467,9	437,3	448,7	462,7	Summe	440,9	451,5	444,1	440,3	445,2	435,8	447,8
MAX	36,6	29,8	30,6	31,3	31,5	29,4	31,4	MAX	30,4	29,6	29,5	31,1	33,4	30,5	29,7
MIN	28,1	25,4	22,7	27,1	17,7	25,4	26,7	MIN	26,3	26,6	25,8	25,9	23,4	21,6	26,3
Mittelwert	29,631	28,499	28,163	29,241	27,332	28,041	28,921	Mittelwert	27,558	28,218	27,756	27,519	27,826	27,235	27,987
STABW	1,8863	1,0535	2,1746	0,9199	3,1523	1,0623	1,221	STABW	1,0393	0,8567	0,9077	1,2514	2,2975	2,7155	1,1739
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	18,4	25,3	24,4	26,0	23,5	25,6	23,6	0	24,7	25,5	26,0	23,9	21,6	24,9	25,3
1	25,1	25,9	25,5	25,5	25,6	26,6	23,7	1	28,4	26,2	27,3	26,4	23,9	24,5	26,2
2	25,6	26,1	25,5	24,9	25,4	26,5	26,8	2	27,9	26,2	26,5	27,2	26,0	25,1	25,8
3	25,7	26,5	31,9	26,5	26,9	27,4	25,7	3	28,7	26,2	27,3	28,2	27,6	25,3	25,8
4	25,7	27,9	32,3	27,0	29,0	28,3	25,6	4	27,8	27,6	27,0	28,4	27,6	25,3	26,3
5	25,7	29,6	28,0	26,2	37,3	29,6	25,9	5	27,8	26,5	28,1	28,6	27,6	26,2	27,3
6	26,1	25,3	26,2	25,9	28,1	26,7	26,1	6	27,7	26,8	27,3	29,1	27,7	26,1	26,3
7	25,9	26,1	26,0	25,6	25,6	25,9	26,7	7	28,1	26,8	27,2	28,2	26,5	27,2	26,1
8	25,7	26,6	26,5	25,7	25,9	26,2	26,2	8	27,2	26,3	27,4	26,0	26,8	27,3	25,8
9	26,1	26,8	26,1	27,9	31,2	26,5	25,8	9	27,0	26,6	27,9	27,4	26,8	29,1	27,8
10	26,0	26,9	26,5	25,8	29,1	26,1	28,1	10	27,0	27,6	28,3	27,4	26,5	33,4	28,4
11	25,9	26,8	25,5	24,9	28,4	28,2	26,0	11	27,4	28,4	29,2	28,2	28,8	31,0	28,2
12	25,9	26,1	26,0	25,3	26,5	27,8	28,3	12	28,3	27,1	27,8	27,3	28,1	31,8	28,5
13	26,9	26,3	26,2	23,8	27,3	26,8	26,5	13	28,5	28,0	25,5	28,2	30,6	29,8	28,2
14	25,7	25,7	26,6	25,7	27,2	26,3	26,1	14	26,3	27,4	26,5	28,1	31,6	29,3	28,7
15	25,6	26,5	26,2	25,5	25,8	26,9	26,2	15	26,3	25,4	26,7	27,4	27,2	28,1	27,5
Summe	405,9	424,0	429,4	412,2	442,7	431,4	417,3	Summe	439,1	428,5	435,9	439,7	434,8	444,2	432,2
MAX	26,9	29,6	32,3	27,9	37,3	29,6	28,3	MAX	28,7	28,4	29,2	29,1	31,6	33,4	28,7
MIN	18,4	25,3	24,4	23,8	23,5	25,6	23,6	MIN	24,7	25,4	25,5	23,9	21,6	24,5	25,3
Mittelwert	25,369	26,501	26,837	25,759	27,668	26,959	26,079	Mittelwert	27,443	26,783	27,244	27,481	27,174	27,765	27,013
STABW	1,8863	1,0535	2,1746	0,9199	3,1523	1,0623	1,221	STABW	1,0393	0,8567	0,9077	1,2514	2,2975	2,7155	1,1739
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	8,1	1,2	2,1	0,5	3,0	0,9	2,9	0	1,9	1,0	0,5	2,6	4,9	1,7	1,2
1	1,4	0,6	1,0	1,0	0,9	-0,1	2,8	1	-1,9	0,4	-0,8	0,1	2,6	2,0	0,3
2	0,9	0,4	1,0	1,6	1,1	0,1	-0,3	2	-1,4	0,3	0,0	-0,7	0,5	1,4	0,7
3	0,8	0,1	-5,4	0,1	-0,4	-0,9	0,8	3	-2,2	0,3	-0,8	-1,7	-1,1	1,2	0,7
4	0,9	-1,4	-5,8	-0,5	-2,5	-1,8	0,9	4	-1,3	-1,1	-0,5	-1,9	-1,1	1,2	0,2
5	0,8	-3,1	-1,5	0,3	-10,8	-3,1	0,6	5	-1,3	0,0	-1,6	-2,1	-1,1	0,3	-0,8
6	0,4	1,3	0,3	0,6	-1,6	-0,2	0,4	6	-1,2	-0,3	-0,8	-2,6	-1,2	0,4	0,2
7	0,6	0,4	0,5	0,9	0,9	0,6	-0,1	7	-1,6	-0,3	-0,7	-1,7	0,0	-0,6	0,4
8	0,8	-0,1	0,0	0,8	0,6	0,4	0,3	8	-0,7	0,2	-0,9	0,5	-0,3	-0,8	0,7
9	0,4	-0,3	0,4	-1,4	-4,7	0,1	0,7	9	-0,5	-0,1	-1,4	-0,9	-0,3	-2,6	-1,3
10	0,5	-0,4	0,0	0,7	-2,6	0,4	-1,6	10	-0,5	-1,1	-1,8	-0,9	0,0	-6,9	-1,9
11	0,6	-0,3	1,0	1,6	-1,9	-1,7	0,5	11	-0,9	-1,9	-2,7	-1,7	-2,3	-4,5	-1,7
12	0,6	0,4	0,5	1,2	0,0	-1,3	-1,8	12	-1,8	-0,6	-1,3	-0,8	-1,6	-5,3	-2,0
13	-0,4	0,2	0,3	2,8	-0,8	-0,3	0,0	13	-2,0	-1,5	1,0	-1,7	-4,1	-3,3	-1,7
14	0,8	0,8	-0,1	0,8	-0,6	0,2	0,4	14	0,2	-0,9	0,0	-1,6	-5,1	-2,8	-2,2
15	0,9	0,0	0,3	1,0	0,7	-0,4	0,4	15	0,2	1,1	-0,2	-0,9	-0,6	-1,6	-1,0
Summe	18,1	0,0	-5,4	11,9	-18,7	-7,3	6,7	Summe	-15,1	-4,5	-11,9	-15,7	-10,8	-20,2	-8,2
MAX	8,1	1,3	2,1	2,8	3,0	0,9	2,9	MAX	1,9	1,1	1,0	2,6	4,9	2,0	1,2
MIN	-0,4	-3,1	-5,8	-1,4	-10,8	-3,1	-1,8	MIN	-2,2	-1,9	-2,7	-2,6	-5,1	-6,9	-2,2
Mittelwert	1,1313	-0,001	-0,337	0,7406	-1,168	-0,459	0,4206	Mittelwert	-0,943	-0,283	-0,744	-0,981	-0,674	-1,265	-0,513
STABW	1,8863	1,0535	2,1746	0,9199	3,1523	1,0623	1,221	STABW	1,0393	0,8567	0,9077	1,2514	2,2975	2,7155	1,1739

Tabelle A 20

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mmmm

10m horizontal Norden Platte A								10m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	32,2	29,2	28,4	29,3	31,7	31,3	30,4	0	30,1	31,2	28,1	31,2	29,6	30,6	28,1
1	29,0	29,3	28,1	32,1	28,4	28,9	30,3	1	28,3	31,0	28,6	33,3	29,7	30,2	29,9
2	28,7	31,0	28,0	29,7	31,7	27,9	29,1	2	28,7	29,3	30,9	30,4	29,0	30,6	28,3
3	28,7	29,2	28,1	31,9	30,5	29,9	29,1	3	29,0	29,9	28,9	28,8	29,1	28,8	28,8
4	28,8	28,4	27,5	30,9	30,3	29,3	29,8	4	28,7	28,6	28,5	28,2	29,1	28,6	29,9
5	28,7	28,7	28,7	28,2	28,3	28,9	29,8	5	27,9	29,0	28,1	29,7	29,3	28,3	29,8
6	29,0	28,8	28,7	25,8	27,9	27,3	28,5	6	27,8	28,2	28,9	28,1	29,0	28,6	28,3
7	28,5	28,7	27,1	27,7	26,5	26,9	29,2	7	26,7	28,4	28,8	28,2	29,0	28,6	28,9
8	28,7	28,8	28,7	28,3	26,2	30,0	27,5	8	28,1	28,1	28,0	28,7	29,3	28,9	28,8
9	29,2	27,1	28,5	28,4	28,0	28,9	27,3	9	28,3	28,3	25,4	28,7	29,7	28,7	28,3
10	29,3	26,9	27,4	28,2	28,8	27,5	29,8	10	28,6	28,4	27,0	28,2	31,7	29,2	28,1
11	28,8	27,8	28,2	28,2	27,7	28,8	27,0	11	27,6	28,0	28,0	27,5	30,2	28,5	28,7
12	28,6	28,9	28,7	27,2	27,8	28,7	27,0	12	29,1	28,2	27,9	27,7	29,5	29,0	28,5
13	28,6	28,6	28,6	27,1	28,2	30,4	28,6	13	27,7	28,3	28,8	30,0	29,6	29,3	28,4
14	28,9	27,3	28,7	28,0	28,4	28,8	28,6	14	28,1	30,2	32,1	30,4	31,5	28,1	28,7
15	27,6	26,8	28,6	28,6	27,9	28,5	27,7	15	29,2	28,3	31,7	31,1	29,3	28,4	30,6
Summe	463,3	455,5	452,0	459,4	458,4	461,9	459,6	Summe	453,8	463,0	459,5	470,1	474,7	464,2	462,1
MAX	32,2	31,0	28,7	32,1	31,7	31,3	30,4	MAX	30,1	31,2	32,1	33,3	31,7	30,6	30,6
MIN	27,6	26,8	27,1	25,8	26,2	26,9	27,0	MIN	26,7	28,0	25,4	27,5	29,0	28,1	28,1
Mittelwert	28,957	28,468	28,248	28,714	28,648	28,869	28,724	Mittelwert	28,364	28,939	28,721	29,383	29,667	29,01	28,882
STABW	0,948	1,0859	0,524	1,7129	1,593	1,1517	1,1547	STABW	0,7971	1,0458	1,661	1,5851	0,8297	0,7962	0,7611
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	22,8	25,8	26,6	25,7	23,4	23,8	24,6	0	24,9	23,8	26,9	23,8	25,4	24,4	26,9
1	26,0	25,7	26,9	22,9	26,6	26,1	24,7	1	26,7	24,0	26,4	21,7	25,3	24,8	25,1
2	26,3	24,0	27,0	25,3	23,3	27,1	25,9	2	26,3	25,7	24,1	24,6	26,0	24,4	26,7
3	26,3	25,9	26,9	23,1	24,5	25,1	25,9	3	26,0	25,2	26,2	26,2	25,9	26,2	26,3
4	26,2	26,6	27,5	24,2	24,8	25,7	25,2	4	26,3	26,4	26,5	26,8	25,9	26,4	25,1
5	26,3	26,3	26,3	26,9	26,7	26,2	25,2	5	27,1	26,0	26,9	25,4	25,7	26,7	25,2
6	26,0	26,2	26,3	29,2	27,1	27,7	26,5	6	27,3	26,8	26,1	26,9	26,0	26,4	26,7
7	26,5	26,3	27,9	27,3	28,5	28,1	25,9	7	28,3	26,7	26,2	26,8	26,0	26,4	26,1
8	26,3	26,2	26,3	26,7	28,8	25,0	27,5	8	26,9	26,9	27,0	26,3	25,7	26,2	26,2
9	25,8	27,9	26,5	26,6	27,0	26,1	27,8	9	26,7	26,8	29,6	26,3	25,3	26,3	26,8
10	25,7	28,1	27,6	26,8	26,2	27,6	25,2	10	26,4	26,6	28,1	26,8	23,3	25,9	26,9
11	26,2	27,2	26,8	26,8	27,3	26,2	28,0	11	27,4	27,0	27,0	27,5	24,8	26,5	26,3
12	26,5	26,1	26,3	27,8	27,2	26,3	28,0	12	25,9	26,8	27,1	27,3	25,5	26,0	26,5
13	26,4	26,4	26,4	27,9	26,8	24,6	26,4	13	27,4	26,7	26,2	25,0	25,4	25,7	26,6
14	26,1	27,7	26,3	27,1	26,6	26,2	26,4	14	26,9	24,9	22,9	24,7	23,5	26,9	26,3
15	27,4	28,2	26,4	26,4	27,1	26,5	27,3	15	25,8	26,7	23,3	23,9	25,7	26,6	24,4
Summe	416,7	424,5	428,0	420,6	421,6	418,1	420,4	Summe	426,2	417,0	420,5	409,9	405,3	415,8	417,9
MAX	27,4	28,2	27,9	29,2	28,8	28,1	28,0	MAX	28,3	27,0	29,6	27,5	26,0	26,9	26,9
MIN	22,8	24,0	26,3	22,9	23,3	23,8	24,6	MIN	24,9	23,8	22,9	21,7	23,3	24,4	24,4
Mittelwert	26,043	26,532	26,753	26,286	26,352	26,131	26,276	Mittelwert	26,636	26,061	26,279	25,617	25,333	25,99	26,118
STABW	0,948	1,0859	0,524	1,7129	1,593	1,1517	1,1547	STABW	0,7971	1,0458	1,661	1,5851	0,8297	0,7962	0,7611
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	3,7	0,7	-0,1	0,8	3,2	2,8	1,9	0	1,6	2,7	-0,4	2,7	1,1	2,1	-0,4
1	0,5	0,8	-0,4	3,6	-0,1	0,4	1,8	1	-0,2	2,5	0,1	4,8	1,2	1,7	1,4
2	0,2	2,5	-0,5	1,2	3,2	-0,6	0,6	2	0,2	0,8	2,4	1,9	0,5	2,1	-0,2
3	0,2	0,6	-0,4	3,4	2,0	1,4	0,6	3	0,5	1,4	0,4	0,3	0,6	0,3	0,3
4	0,3	-0,1	-1,0	2,4	1,8	0,8	1,3	4	0,2	0,1	0,0	-0,3	0,6	0,1	1,4
5	0,2	0,2	0,2	-0,4	-0,2	0,4	1,3	5	-0,6	0,5	-0,4	1,2	0,8	-0,2	1,3
6	0,5	0,3	0,2	-2,7	-0,6	-1,2	0,0	6	-0,8	-0,3	0,4	-0,4	0,5	0,1	-0,2
7	0,0	0,2	-1,4	-0,8	-2,0	-1,6	0,6	7	-1,8	-0,1	0,3	-0,3	0,5	0,1	0,4
8	0,2	0,3	0,2	-0,2	-2,3	1,5	-1,0	8	-0,4	-0,4	-0,5	0,2	0,8	0,4	0,3
9	0,7	-1,4	0,0	-0,1	-0,5	0,4	-1,3	9	-0,2	-0,3	-3,1	0,2	1,2	0,2	-0,3
10	0,8	-1,6	-1,1	-0,3	0,3	-1,1	1,3	10	0,1	-0,1	-1,6	-0,3	3,2	0,6	-0,4
11	0,3	-0,7	-0,3	-0,3	-0,8	0,3	-1,5	11	-0,9	-0,5	-0,5	-1,0	1,7	0,0	0,2
12	0,1	0,4	0,2	-1,3	-0,7	0,2	-1,5	12	0,6	-0,3	-0,6	-0,8	1,0	0,5	0,0
13	0,1	0,1	0,1	-1,4	-0,3	1,9	0,1	13	-0,9	-0,2	0,3	1,5	1,1	0,8	-0,1
14	0,4	-1,2	0,2	-0,6	-0,1	0,3	0,1	14	-0,4	1,7	3,6	1,9	3,0	-0,4	0,2
15	-0,9	-1,7	0,1	0,1	-0,6	0,0	-0,8	15	0,7	-0,2	3,2	2,6	0,8	-0,1	2,1
Summe	7,3	-0,5	-4,0	3,4	2,4	5,9	3,6	Summe	-2,2	7,0	3,5	14,1	18,7	8,2	6,1
MAX	3,7	2,5	0,2	3,6	3,2	2,8	1,9	MAX	1,6	2,7	3,6	4,8	3,2	2,1	2,1
MIN	-0,9	-1,7	-1,4	-2,7	-2,3	-1,6	-1,5	MIN	-1,8	-0,5	-3,1	-1,0	0,5	-0,4	-0,4
Mittelwert	0,4569	-0,032	-0,253	0,2144	0,1481	0,3688	0,2237	Mittelwert	-0,136	0,4388	0,2206	0,8831	1,1669	0,51	0,3819
STABW	0,948	1,0859	0,524	1,7129	1,593	1,1517	1,1547	STABW	0,7971	1,0458	1,661	1,5851	0,8297	0,7962	0,7611

Tabelle A 41

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mmmm

20m horizontal Norden Platte A								20m horizontal Norden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	29,9	29,3	29,8	30,5	30,1	29,3	28,4	0	28,0	28,8	28,4	28,4	28,6	28,7	29,3
1	30,6	29,1	30,2	29,0	29,4	28,9	28,5	1	27,5	27,7	28,4	28,4	30,2	29,8	26,7
2	29,5	29,2	28,9	29,2	23,4	29,5	29,7	2	28,2	27,9	29,1	29,6	29,5	29,0	25,3
3	29,2	29,6	28,3	29,1	23,1	28,4	29,1	3	28,3	28,2	28,4	29,7	31,5	29,4	24,3
4	28,1	29,7	29,4	27,9	29,6	28,8	28,2	4	28,0	28,9	28,0	28,2	28,8	30,9	29,2
5	29,0	28,9	26,0	28,7	28,8	28,3	30,0	5	28,3	28,2	29,6	29,6	28,6	28,9	29,8
6	28,9	29,3	28,7	28,6	28,7	29,8	28,3	6	29,0	28,5	28,4	29,4	29,4	29,3	30,7
7	28,8	28,4	29,0	28,5	28,8	28,2	28,2	7	28,7	28,4	29,7	29,6	26,1	29,2	29,9
8	28,8	28,6	28,6	26,6	28,6	29,4	30,8	8	28,3	28,2	29,2	29,0	30,1	29,4	29,3
9	28,2	27,8	28,9	28,6	28,4	28,2	30,3	9	28,8	28,9	26,7	28,2	30,9	29,7	29,8
10	28,5	28,2	28,4	28,7	26,9	28,0	28,6	10	28,5	28,6	28,7	24,8	29,3	29,8	30,4
11	28,8	29,1	28,5	28,3	28,8	28,4	29,5	11	29,7	28,0	29,2	18,9	30,3	29,7	30,1
12	28,4	28,1	28,0	29,6	29,3	28,3	28,1	12	28,5	30,2	29,7	27,6	29,1	31,4	29,8
13	28,7	29,8	31,2	28,3	29,2	28,1	27,7	13	29,3	28,9	29,2	28,9	29,2	31,0	30,1
14	28,3	29,8	29,9	28,3	28,4	27,7	28,2	14	29,2	28,5	29,5	28,9	27,6	29,8	31,6
15	28,1	30,1	29,6	29,5	28,0	27,4	28,0	15	28,9	29,4	32,8	30,7	27,3	31,0	29,9
Summe	461,6	465,0	463,3	459,4	449,4	456,5	461,5	Summe	457,2	457,2	465,1	449,9	466,2	476,9	466,3
MAX	30,6	30,1	31,2	30,5	30,1	29,8	30,8	MAX	29,7	30,2	32,8	30,7	31,5	31,4	31,6
MIN	28,1	27,8	26,0	26,6	23,1	27,4	27,7	MIN	27,5	27,7	26,7	18,9	26,1	28,7	24,3
Mittelwert	28,85	29,062	28,956	28,711	28,088	28,533	28,841	Mittelwert	28,574	28,574	29,066	28,118	29,138	29,808	29,143
STABW	0,6842	0,6854	1,1395	0,8481	2,0152	0,6671	0,9368	STABW	0,5552	0,6161	1,2706	2,7794	1,3509	0,818	1,9769
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	25,1	25,7	25,2	24,6	24,9	25,8	26,6	0	27,0	26,2	26,6	26,6	26,4	26,3	25,7
1	24,4	25,9	24,8	26,0	25,6	26,1	26,5	1	27,5	27,3	26,6	26,6	24,9	25,2	28,3
2	25,5	25,8	26,1	25,8	31,6	25,5	25,3	2	26,9	27,1	25,9	25,4	25,5	26,0	29,7
3	25,8	25,4	26,7	25,9	31,9	26,6	25,9	3	26,7	26,8	26,6	25,3	23,6	25,6	30,7
4	26,9	25,3	25,6	27,1	25,4	26,2	26,8	4	27,0	26,1	27,0	26,8	26,2	24,2	25,8
5	26,0	26,1	29,0	26,3	26,2	26,8	25,0	5	26,7	26,9	25,4	25,4	26,4	26,1	25,2
6	26,1	25,8	26,3	26,4	26,3	25,2	26,8	6	26,0	26,5	26,6	25,6	25,6	25,7	24,3
7	26,2	26,6	26,0	26,5	26,2	26,8	26,8	7	26,4	26,6	25,3	25,4	29,0	25,8	25,1
8	26,3	26,4	26,4	28,4	26,5	25,6	24,2	8	26,7	26,8	25,9	26,0	25,0	25,6	25,7
9	26,8	27,2	26,1	26,4	26,6	26,9	24,7	9	26,2	26,1	28,3	26,8	24,1	25,3	25,2
10	26,5	26,8	26,6	26,3	28,1	27,0	26,4	10	26,5	26,4	26,3	30,2	25,7	25,2	24,6
11	26,2	26,0	26,5	26,7	26,3	26,6	25,5	11	25,3	27,0	25,8	36,1	24,7	25,3	24,9
12	26,6	27,0	27,0	25,4	25,8	26,7	26,9	12	26,5	24,8	25,3	27,4	25,9	23,6	25,2
13	26,3	25,2	23,9	26,8	25,8	26,9	27,3	13	25,7	26,1	25,8	26,1	25,8	24,0	24,9
14	26,7	25,2	25,1	26,7	26,6	27,3	26,8	14	25,8	26,5	25,5	26,1	27,4	25,2	23,4
15	27,0	24,9	25,4	25,5	27,0	27,6	27,0	15	26,1	25,6	22,2	24,3	27,7	24,0	25,1
Summe	418,4	415,0	416,7	420,6	430,6	423,5	418,5	Summe	422,8	422,8	415,0	430,1	413,8	403,1	413,7
MAX	27,0	27,2	29,0	28,4	31,9	27,6	27,3	MAX	27,5	27,3	28,3	36,1	29,0	26,3	30,7
MIN	24,4	24,9	23,9	24,6	24,9	25,2	24,2	MIN	25,3	24,8	22,2	24,3	23,6	23,6	23,4
Mittelwert	26,15	25,938	26,044	26,289	26,912	26,467	26,159	Mittelwert	26,426	26,426	25,934	26,882	25,862	25,192	25,857
STABW	0,6842	0,6854	1,1395	0,8481	2,0152	0,6671	0,9368	STABW	0,5552	0,6161	1,2706	2,7794	1,3509	0,818	1,9769
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	1,4	0,8	1,3	2,0	1,6	0,8	-0,1	0	-0,5	0,3	-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,8
1	2,1	0,6	1,7	0,5	0,9	0,4	0,0	1	-1,0	-0,8	-0,1	-0,1	1,7	1,3	-1,8
2	1,0	0,7	0,4	0,7	-5,1	1,0	1,2	2	-0,4	-0,6	0,6	1,1	1,0	0,5	-3,2
3	0,7	1,1	-0,2	0,6	-5,4	-0,1	0,6	3	-0,2	-0,3	-0,1	1,2	3,0	0,9	-4,2
4	-0,4	1,2	0,9	-0,6	1,1	0,3	-0,3	4	-0,5	0,4	-0,5	-0,3	0,3	2,4	0,7
5	0,5	0,4	-2,5	0,2	0,3	-0,3	1,5	5	-0,2	-0,4	1,1	1,1	0,1	0,4	1,3
6	0,4	0,8	0,2	0,1	0,2	1,3	-0,3	6	0,5	0,0	-0,1	0,9	0,9	0,8	2,2
7	0,3	-0,1	0,5	0,0	0,3	-0,3	-0,3	7	0,1	-0,1	1,2	1,1	-2,5	0,7	1,4
8	0,3	0,1	0,1	-1,9	0,1	0,9	2,3	8	-0,2	-0,3	0,6	0,5	1,6	0,9	0,8
9	-0,3	-0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,4	1,8	9	0,3	0,4	-1,8	-0,3	2,4	1,2	1,3
10	0,0	-0,3	-0,1	0,2	-1,6	-0,5	0,1	10	0,0	0,1	0,2	-3,7	0,8	1,3	1,9
11	0,3	0,6	0,0	-0,2	0,3	-0,1	1,0	11	1,2	-0,5	0,7	-9,6	1,8	1,2	1,6
12	-0,1	-0,4	-0,5	1,1	0,8	-0,2	-0,4	12	0,0	1,7	1,2	-0,9	0,6	2,9	1,3
13	0,2	1,3	2,7	-0,3	0,7	-0,4	-0,8	13	0,8	0,4	0,7	0,4	0,7	2,5	1,6
14	-0,2	1,3	1,4	-0,2	-0,1	-0,8	-0,3	14	0,7	0,0	1,0	0,4	-0,9	1,3	3,1
15	-0,4	1,6	1,1	1,0	-0,5	-1,1	-0,5	15	0,4	0,9	4,3	2,2	-1,2	2,5	1,4
Summe	5,6	9,0	7,3	3,4	-6,6	0,5	5,5	Summe	1,2	1,2	9,1	-6,1	10,2	20,9	10,3
MAX	2,1	1,6	2,7	2,0	1,6	1,3	2,3	MAX	1,2	1,7	4,3	2,2	3,0	2,9	3,1
MIN	-0,4	-0,7	-2,5	-1,9	-5,4	-1,1	-0,8	MIN	-1,0	-0,8	-1,8	-9,6	-2,5	0,2	-4,2
Mittelwert	0,35	0,5619	0,4556	0,2112	-0,412	0,0331	0,3413	Mittelwert	0,0738	0,0737	0,5656	-0,382	0,6381	1,3081	0,6431
STABW	0,6842	0,6854	1,1395	0,8481	2,0152	0,6671	0,9368	STABW	0,5552	0,6161	1,2706	2,7794	1,3509	0,818	1,9769

Tabelle A 22

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m horizontal Süden Platte A								10m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	44,2	43,2	41,8	44,8	45,4	48,6	42,1	0	32,4	31,7	41,5	40,5	49,5	45,1	41,4
1	42,9	40,5	37,0	38,9	41,9	41,2	38,2	1	33,4	33,8	40,1	40,4	46,3	45,4	41,5
2	42,3	35,9	35,5	34,7	39,3	40,5	38,6	2	33,3	35,9	38,9	38,1	42,5	42,3	39,2
3	44,1	35,7	33,3	34,6	35,8	37,7	35,4	3	35,0	35,0	38,8	38,2	41,0	42,4	37,0
4	40,9	33,5	35,1	33,6	35,1	36,7	37,8	4	35,5	33,8	38,3	37,6	38,5	41,9	36,1
5	39,1	33,0	33,8	33,7	34,2	35,4	37,3	5	36,9	34,2	34,3	39,6	36,3	37,5	35,1
6	38,4	33,9	34,8	32,3	35,5	35,0	37,1	6	34,7	38,2	35,7	39,0	34,3	38,6	38,5
7	38,2	34,9	34,9	35,2	33,9	36,5	36,7	7	35,0	36,3	35,9	38,6	34,5	37,4	35,7
8	37,2	33,8	34,4	33,8	35,3	33,6	39,1	8	37,5	35,8	34,0	39,1	33,9	37,6	34,5
9	37,6	34,9	35,9	36,0	34,4	34,9	36,1	9	37,7	35,1	34,9	40,1	33,3	36,6	36,9
10	37,1	36,4	34,7	33,8	36,0	33,6	36,4	10	36,4	34,9	36,9	39,2	35,3	35,5	37,5
11	35,8	35,6	33,1	35,8	34,5	34,8	39,2	11	37,0	34,2	35,5	42,4	35,3	35,0	33,8
12	36,4	37,0	32,7	32,7	35,9	33,9	39,3	12	38,4	33,3	36,2	44,6	36,1	35,4	35,7
13	36,6	36,5	34,0	32,3	37,1	37,0	39,4	13	36,8	36,4	40,1	40,7	38,9	33,0	36,1
14	35,7	39,0	36,4	33,0	35,6	37,7	40,4	14	35,8	38,8	40,2	38,9	38,0	34,7	37,0
15	34,9	40,1	37,5	35,6	38,2	43,4	42,6	15	39,6	42,3	41,9	38,6	42,3	40,5	35,3
Summe	621,3	583,7	565,1	560,6	588,2	600,6	615,7	Summe	575,4	569,5	603,3	635,2	616,1	618,8	591,2
MAX	44,2	43,2	41,8	44,8	45,4	48,6	42,6	MAX	39,6	42,3	41,9	44,6	49,5	45,4	41,5
MIN	34,9	33,0	32,7	32,3	33,9	33,6	35,4	MIN	32,4	31,7	34,0	37,6	33,3	33,0	33,8
Mittelwert	38,834	36,484	35,316	35,04	36,761	37,534	38,481	Mittelwert	35,961	35,593	37,706	39,698	38,505	38,678	36,953
STABW	3,0912	2,8535	2,2067	3,0908	3,0999	4,0896	2,0351	STABW	1,952	2,512	2,5817	1,7663	4,7049	3,7901	2,2347
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	10,8	11,8	13,2	10,2	9,6	6,4	12,9	0	22,6	23,3	13,5	14,5	5,5	9,9	13,6
1	12,1	14,6	18,0	16,2	13,2	13,8	16,8	1	21,7	21,2	14,9	14,6	8,7	9,7	13,5
2	12,7	19,2	19,5	20,3	15,7	14,5	16,4	2	21,7	19,1	16,1	17,0	12,5	12,7	15,8
3	10,9	19,3	21,7	20,4	19,2	17,3	19,6	3	20,0	20,0	16,2	16,8	14,0	12,7	18,0
4	14,1	21,5	19,9	21,4	19,9	18,3	17,2	4	19,5	21,2	16,7	17,4	16,5	13,2	18,9
5	15,9	22,0	21,2	21,3	20,8	19,6	17,7	5	18,1	20,8	20,7	15,4	18,7	17,5	19,9
6	16,6	21,1	20,2	22,7	19,5	20,0	17,9	6	20,3	16,8	19,3	16,0	20,7	16,4	16,5
7	16,8	20,1	20,1	19,8	21,1	18,5	18,3	7	20,0	18,7	19,1	16,4	20,5	17,6	19,3
8	17,8	21,2	20,6	21,2	19,7	21,4	15,9	8	17,5	19,2	21,0	15,9	21,1	17,4	20,5
9	17,4	20,1	19,1	19,1	20,6	20,1	18,9	9	17,3	19,9	20,1	14,9	21,7	18,4	18,1
10	17,9	18,6	20,3	21,3	19,0	21,4	18,6	10	18,6	20,1	18,1	15,9	19,7	19,5	17,5
11	19,2	19,4	21,9	19,2	20,5	20,2	15,8	11	18,0	20,8	19,5	12,7	19,7	20,0	21,2
12	18,6	18,0	22,3	22,3	19,1	21,1	15,7	12	16,6	21,8	18,8	10,5	18,9	19,6	19,3
13	18,4	18,5	21,0	22,7	17,9	18,0	15,6	13	18,2	18,7	14,9	14,3	16,1	22,0	18,9
14	19,3	16,1	18,6	22,1	19,4	17,3	14,6	14	19,2	16,3	14,8	16,1	17,0	20,3	18,0
15	20,1	15,0	17,5	19,4	16,8	11,6	12,4	15	15,5	12,8	13,1	16,4	12,7	14,5	19,8
Summe	258,7	296,3	314,9	319,4	291,8	279,5	264,3	Summe	304,6	310,5	276,7	244,8	263,9	261,2	288,8
MAX	20,1	22,0	22,3	22,7	21,1	21,4	19,6	MAX	22,6	23,3	21,0	17,4	21,7	22,0	21,2
MIN	10,8	11,8	13,2	10,2	9,6	6,4	12,4	MIN	15,5	12,8	13,1	10,5	5,5	9,7	13,5
Mittelwert	16,166	18,516	19,684	19,96	18,239	17,466	16,519	Mittelwert	19,039	19,407	17,294	15,303	16,495	16,323	18,048
STABW	3,0912	2,8535	2,2067	3,0908	3,0999	4,0896	2,0351	STABW	1,952	2,512	2,5817	1,7663	4,7049	3,7901	2,2347
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	15,7	14,7	13,3	16,3	16,9	20,1	13,6	0	3,9	3,2	13,0	12,0	21,0	16,6	12,9
1	14,4	12,0	8,5	10,4	13,4	12,7	9,7	1	4,9	5,3	11,6	11,9	17,8	16,9	13,0
2	13,8	7,4	7,0	6,2	10,8	12,0	10,1	2	4,8	7,4	10,4	9,6	14,0	13,8	10,7
3	15,6	7,2	4,8	6,1	7,3	9,2	6,9	3	6,5	6,5	10,3	9,7	12,5	13,9	8,5
4	12,4	5,0	6,6	5,1	6,6	8,2	9,3	4	7,0	5,3	9,8	9,1	10,0	13,4	7,6
5	10,6	4,5	5,3	5,2	5,7	6,9	8,8	5	8,4	5,7	5,8	11,1	7,8	9,0	6,6
6	9,9	5,4	6,3	3,8	7,0	6,5	8,6	6	6,2	9,7	7,2	10,5	5,8	10,1	10,0
7	9,7	6,4	6,4	6,7	5,4	8,0	8,2	7	6,5	7,8	7,4	10,1	6,0	8,9	7,2
8	8,7	5,3	5,9	5,3	6,8	5,1	10,6	8	9,0	7,3	5,5	10,6	5,4	9,1	6,0
9	9,1	6,4	7,4	7,5	5,9	6,4	7,6	9	9,2	6,6	6,4	11,6	4,8	8,1	8,4
10	8,6	7,9	6,2	5,3	7,5	5,1	7,9	10	7,9	6,4	8,4	10,7	6,8	7,0	9,0
11	7,3	7,1	4,6	7,3	6,0	6,3	10,7	11	8,5	5,7	7,0	13,9	6,8	6,5	5,3
12	7,9	8,5	4,2	4,2	7,4	5,4	10,8	12	9,9	4,8	7,7	16,1	7,6	6,9	7,2
13	8,1	8,0	5,5	3,8	8,6	8,5	10,9	13	8,3	7,9	11,6	12,2	10,4	4,5	7,6
14	7,2	10,5	7,9	4,5	7,1	9,2	11,9	14	7,3	10,3	11,7	10,4	9,5	6,2	8,5
15	6,4	11,6	9,0	7,1	9,7	14,9	14,1	15	11,1	13,8	13,4	10,1	13,8	12,0	6,8
Summe	165,3	127,7	109,1	104,6	132,2	144,6	159,7	Summe	119,4	113,5	147,3	179,2	160,1	162,8	135,2
MAX	15,7	14,7	13,3	16,3	16,9	20,1	14,1	MAX	11,1	13,8	13,4	16,1	21,0	16,9	13,0
MIN	6,4	4,5	4,2	3,8	5,4	5,1	6,9	MIN	3,9	3,2	5,5	9,1	4,8	4,5	5,3
Mittelwert	10,334	7,9838	6,8163	6,54	8,2613	9,0344	9,9813	Mittelwert	7,4613	7,0931	9,2056	11,198	10,005	10,178	8,4525
STABW	3,0912	2,8535	2,2067	3,0908	3,0999	4,0896	2,0351	STABW	1,952	2,512	2,5817	1,7663	4,7049	3,7901	2,2347

Tabelle A 43

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m horizontal Süden Platte A								20m horizontal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	41,5	38,3	37,3	45,3	43,5	48,9	45,4	0	37,8	40,1	42,0	36,7	36,7	36,5	41,7
1	39,1	36,9	34,6	42,3	40,9	42,4	44,0	1	36,3	40,0	42,4	35,7	37,6	37,4	39,1
2	38,5	37,3	35,3	40,0	38,0	42,3	41,5	2	32,6	36,9	41,1	36,3	38,1	39,7	37,8
3	36,8	38,3	34,8	37,2	41,2	40,8	39,1	3	31,8	35,2	39,2	39,6	37,5	38,9	37,6
4	37,3	37,3	34,4	36,7	43,1	39,4	37,1	4	32,5	35,7	37,0	38,9	37,3	38,6	39,4
5	36,0	35,3	34,5	38,1	41,1	40,4	38,4	5	34,8	36,6	36,6	39,1	72,3	37,2	37,7
6	34,8	35,1	34,7	38,9	40,1	41,4	40,0	6	34,5	35,4	33,8	39,1	36,6	37,2	36,2
7	34,8	34,7	35,9	36,2	37,4	38,2	39,4	7	35,8	35,8	34,1	39,1	38,2	35,6	36,0
8	34,2	34,6	36,4	36,6	38,0	40,5	41,2	8	37,2	33,9	34,7	36,3	38,8	34,8	38,8
9	33,8	35,2	35,0	36,9	38,9	37,3	39,8	9	36,6	33,7	34,9	36,1	37,6	37,0	39,2
10	34,4	35,1	35,1	35,8	39,0	39,1	38,1	10	34,6	34,1	35,4	36,9	39,8	38,7	38,1
11	33,8	36,4	36,7	37,1	37,0	39,8	40,9	11	33,4	34,8	36,3	37,8	37,4	38,5	39,2
12	34,8	38,9	35,7	36,6	37,5	37,9	38,5	12	33,5	35,3	39,5	35,4	34,8	38,3	40,1
13	34,9	39,8	37,5	35,2	40,6	38,4	38,2	13	33,4	35,9	39,5	34,7	36,0	40,7	41,7
14	36,2	39,2	40,1	36,5	41,5	38,4	39,4	14	34,6	35,4	44,9	36,5	38,1	39,7	42,5
15	36,4	39,7	37,8	33,4	45,4	37,4	42,9	15	32,1	35,2	44,8	44,8	41,8	45,1	43,3
Summe	577,2	592,1	575,8	602,7	642,8	642,6	643,8	Summe	551,7	574,0	615,9	602,9	638,6	613,8	628,5
MAX	41,5	39,8	40,1	45,3	45,4	48,9	45,4	MAX	37,8	40,1	44,9	44,8	72,3	45,1	43,3
MIN	33,8	34,6	34,4	33,4	37,0	37,3	37,1	MIN	31,8	33,7	33,8	34,7	34,8	34,8	36,0
Mittelwert	36,076	37,003	35,989	37,67	40,178	40,16	40,238	Mittelwert	34,478	35,877	38,496	37,679	39,911	38,36	39,278
STABW	2,1501	1,8516	1,5581	2,8651	2,4276	2,8425	2,2908	STABW	1,8617	1,8516	3,7075	2,4328	8,7769	2,3675	2,136
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	13,5	16,7	17,7	9,7	11,5	6,1	9,6	0	17,2	14,9	13,1	18,3	18,3	18,5	13,3
1	15,9	18,1	20,4	12,7	14,1	12,6	11,0	1	18,7	15,0	12,6	19,4	17,4	17,6	15,9
2	16,5	17,7	19,7	15,0	17,0	12,7	13,6	2	22,4	18,1	13,9	18,7	16,9	15,4	17,3
3	18,2	16,7	20,2	17,8	13,8	14,2	15,9	3	23,2	19,8	15,8	15,4	17,5	16,1	17,4
4	17,7	17,7	20,6	18,3	12,0	15,6	17,9	4	22,5	19,3	18,0	16,1	17,7	16,4	15,6
5	19,0	19,7	20,5	16,9	13,9	14,6	16,6	5	20,2	18,4	18,4	15,9	-17,3	17,9	17,3
6	20,2	19,9	20,3	16,1	14,9	13,6	15,0	6	20,5	19,6	21,2	15,9	18,4	17,8	18,8
7	20,3	20,3	19,1	18,8	17,6	16,8	15,6	7	19,2	19,2	20,9	15,9	16,8	19,4	19,0
8	20,8	20,4	18,6	18,4	17,0	14,6	13,8	8	17,8	21,1	20,3	18,7	16,2	20,2	16,2
9	21,2	19,8	20,0	18,1	16,1	17,7	15,2	9	18,4	21,4	20,2	18,9	17,4	18,0	15,8
10	20,6	20,0	19,9	19,3	16,1	15,9	16,9	10	20,4	20,9	19,6	18,2	15,2	16,3	16,9
11	21,2	18,6	18,3	17,9	18,0	15,2	14,1	11	21,6	20,2	18,7	17,2	17,6	16,5	15,8
12	20,2	16,2	19,4	18,4	17,5	17,1	16,5	12	21,5	19,7	15,5	19,6	20,2	16,7	14,9
13	20,2	15,2	17,5	19,8	14,4	16,6	16,8	13	21,6	19,1	15,6	20,3	19,0	14,3	13,4
14	18,8	15,9	14,9	18,6	13,5	16,6	15,6	14	20,4	19,6	10,1	18,5	16,9	15,3	12,5
15	18,6	15,4	17,2	21,6	9,6	17,6	12,1	15	22,9	19,8	10,2	10,3	13,2	9,9	11,7
Summe	302,8	288,0	304,2	277,3	237,2	237,4	236,2	Summe	328,4	306,0	264,1	277,1	241,4	266,2	251,6
MAX	21,2	20,4	20,6	21,6	18,0	17,7	17,9	MAX	23,2	21,4	21,2	20,3	20,2	20,2	19,0
MIN	13,5	15,2	14,9	9,7	9,6	6,1	9,6	MIN	17,2	14,9	10,1	10,3	-17,3	9,9	11,7
Mittelwert	18,924	17,997	19,011	17,33	14,823	14,84	14,763	Mittelwert	20,522	19,123	16,504	17,321	15,089	16,64	15,722
STABW	2,1501	1,8516	1,5581	2,8651	2,4276	2,8425	2,2908	STABW	1,8617	1,8516	3,7075	2,4328	8,7769	2,3675	2,136
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	13,0	9,8	8,8	16,8	15,0	20,4	16,9	0	9,3	11,6	13,5	8,2	8,2	8,0	13,2
1	10,6	8,4	6,1	13,8	12,4	13,9	15,5	1	7,8	11,5	13,9	7,2	9,1	8,9	10,6
2	10,0	8,8	6,8	11,5	9,5	13,8	13,0	2	4,1	8,4	12,6	7,8	9,6	11,2	9,3
3	8,3	9,8	6,3	8,7	12,7	12,3	10,6	3	3,3	6,7	10,7	11,1	9,0	10,4	9,1
4	8,8	8,8	5,9	8,2	14,6	10,9	8,6	4	4,0	7,2	8,5	10,4	8,8	10,1	10,9
5	7,5	6,8	6,0	9,6	12,6	11,9	9,9	5	6,3	8,1	8,1	10,6	43,8	8,7	9,2
6	6,3	6,6	6,2	10,4	11,6	12,9	11,5	6	6,0	6,9	5,3	10,6	8,1	8,7	7,7
7	6,3	6,2	7,4	7,7	8,9	9,7	10,9	7	7,3	7,3	5,6	10,6	9,7	7,1	7,5
8	5,7	6,1	7,9	8,1	9,5	12,0	12,7	8	8,7	5,4	6,2	7,8	10,3	6,3	10,3
9	5,3	6,7	6,5	8,4	10,4	8,8	11,3	9	8,1	5,2	6,4	7,6	9,1	8,5	10,7
10	5,9	6,6	6,6	7,3	10,5	10,6	9,6	10	6,1	5,6	6,9	8,4	11,3	10,2	9,6
11	5,3	7,9	8,2	8,6	8,5	11,3	12,4	11	4,9	6,3	7,8	9,3	8,9	10,0	10,7
12	6,3	10,4	7,2	8,1	9,0	9,4	10,0	12	5,0	6,8	11,0	6,9	6,3	9,8	11,6
13	6,4	11,3	9,0	6,7	12,1	9,9	9,7	13	4,9	7,4	11,0	6,2	7,5	12,2	13,2
14	7,7	10,7	11,6	8,0	13,0	9,9	10,9	14	6,1	6,9	16,4	8,0	9,6	11,2	14,0
15	7,9	11,2	9,3	4,9	16,9	8,9	14,4	15	3,6	6,7	16,3	16,3	13,3	16,6	14,8
Summe	121,2	136,1	119,8	146,7	186,8	186,6	187,8	Summe	95,7	118,0	159,9	146,9	182,6	157,8	172,5
MAX	13,0	11,3	11,6	16,8	16,9	20,4	16,9	MAX	9,3	11,6	16,4	16,3	43,8	16,6	14,8
MIN	5,3	6,1	5,9	4,9	8,5	8,8	8,6	MIN	3,3	5,2	5,3	6,2	6,3	6,3	7,5
Mittelwert	7,5756	8,5031	7,4894	9,17	11,678	11,66	11,738	Mittelwert	5,9781	7,3769	9,9963	9,1788	11,411	9,86	10,778
STABW	2,1501	1,8516	1,5581	2,8651	2,4276	2,8425	2,2908	STABW	1,8617	1,8516	3,7075	2,4328	8,7769	2,3675	2,136

Tabelle A 44

# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

10m vertikal Süden Platte A								10m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	34,1	31,7	37,4	37,6	37,6	35,2	36,7	0	34,4	36,4	35,4	38,0	38,1	34,8	32,6
1	36,3	36,6	36,9	40,4	37,1	35,7	37,7	1	32,8	32,9	35,1	34,7	37,6	35,0	34,3
2	35,5	35,3	38,0	37,2	35,9	33,6	34,2	2	32,3	33,0	35,3	35,7	35,3	32,1	34,4
3	36,7	35,2	37,0	36,6	35,0	33,0	33,5	3	33,6	32,4	36,4	32,9	35,3	33,2	35,6
4	35,9	36,9	36,9	35,8	33,7	33,7	34,7	4	33,6	34,4	35,2	34,5	34,5	30,8	32,1
5	35,8	34,6	36,5	37,1	36,5	34,6	34,7	5	34,9	31,3	33,3	33,9	33,6	30,2	32,6
6	34,6	36,1	36,1	35,8	36,9	34,8	33,7	6	34,6	32,3	34,4	32,1	33,2	35,7	29,9
7	34,7	35,2	35,6	34,3	35,3	34,0	34,9	7	31,4	33,3	32,6	32,8	34,4	36,0	32,1
8	34,4	34,0	34,1	34,1	34,3	33,4	34,0	8	33,5	33,0	30,4	32,5	32,8	37,3	33,1
9	34,8	36,2	33,7	34,0	34,2	32,9	33,4	9	31,4	34,3	33,0	32,8	34,7	35,9	34,5
10	34,8	35,4	37,0	32,8	34,4	35,0	34,2	10	31,3	31,9	32,1	33,2	34,3	35,2	33,4
11	35,4	34,8	35,0	34,7	34,8	33,9	34,0	11	32,4	30,6	31,9	32,3	35,1	33,8	35,2
12	33,5	35,1	34,0	34,7	33,3	34,3	33,5	12	30,6	34,6	31,9	32,1	32,9	33,9	30,9
13	37,3	36,6	34,0	33,5	34,3	31,9	33,8	13	28,9	34,6	31,8	32,9	32,3	32,6	30,2
14	36,4	37,4	37,4	31,6	34,8	31,8	33,3	14	31,6	31,5	33,2	34,5	34,0	31,5	31,7
15	37,6	38,7	37,9	35,3	31,4	34,7	32,8	15	33,4	32,9	36,4	38,2	35,3	32,9	32,5
Summe	567,5	569,6	577,4	565,3	559,3	542,5	549,1	Summe	520,6	529,1	538,4	542,9	553,3	541,0	525,3
MAX	37,6	38,7	38,0	40,4	37,6	35,7	37,7	MAX	34,9	36,4	36,4	38,2	38,1	37,3	35,6
MIN	33,5	31,7	33,7	31,6	31,4	31,8	32,8	MIN	28,9	30,6	30,4	32,1	32,3	30,2	29,9
Mittelwert	35,469	35,599	36,084	35,333	34,954	33,905	34,32	Mittelwert	32,537	33,071	33,651	33,933	34,583	33,81	32,828
STABW	1,1713	1,5739	1,4882	2,1284	1,5795	1,1184	1,2813	STABW	1,6021	1,4973	1,8326	1,9152	1,5886	2,048	1,6905
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	20,9	23,3	17,6	17,4	17,4	19,8	18,3	0	20,6	18,6	19,6	17,1	16,9	20,2	22,4
1	18,7	18,4	18,2	14,7	17,9	19,3	17,3	1	22,3	22,1	19,9	20,3	17,4	20,0	20,7
2	19,5	19,7	17,0	17,8	19,1	21,4	20,8	2	22,7	22,0	19,8	19,3	19,7	22,9	20,6
3	18,3	19,8	18,0	18,4	20,0	22,0	21,5	3	21,5	22,6	18,6	22,1	19,7	21,8	19,4
4	19,2	18,1	18,1	19,2	21,4	21,4	20,3	4	21,4	20,6	19,8	20,6	20,5	24,2	22,9
5	19,2	20,4	18,5	17,9	18,5	20,4	20,3	5	20,1	23,8	21,8	21,1	21,4	24,8	22,4
6	20,4	19,0	18,9	19,3	18,2	20,2	21,3	6	20,4	22,7	20,6	22,9	21,8	19,3	25,1
7	20,3	19,9	19,4	20,7	19,7	21,0	20,2	7	23,6	21,7	22,5	22,2	20,6	19,0	22,9
8	20,6	21,0	20,9	20,9	20,7	21,6	21,0	8	21,5	22,0	24,6	22,5	22,2	17,7	21,9
9	20,2	18,8	21,3	21,0	20,8	22,1	21,6	9	23,6	20,7	22,0	22,2	20,3	19,1	20,5
10	20,2	19,6	18,0	22,2	20,6	20,0	20,8	10	23,7	23,1	22,9	21,8	20,7	19,8	21,6
11	19,6	20,2	20,0	20,3	20,2	21,1	21,0	11	22,6	24,5	23,1	22,7	19,9	21,2	19,8
12	21,5	19,9	21,0	20,3	21,7	20,7	21,5	12	24,4	20,4	23,1	22,9	22,1	21,1	24,1
13	17,7	18,4	21,0	21,5	20,7	23,1	21,2	13	26,1	20,4	23,2	22,1	22,7	22,4	24,8
14	18,6	17,6	17,6	23,4	20,3	23,2	21,7	14	23,4	23,6	21,8	20,5	21,0	23,5	23,3
15	17,4	16,3	17,1	19,8	23,6	20,3	22,2	15	21,7	22,1	18,6	16,9	19,7	22,2	22,5
Summe	312,5	310,4	302,7	314,7	320,7	337,5	330,9	Summe	359,4	350,9	341,6	337,1	326,7	339,0	354,8
MAX	21,5	23,3	21,3	23,4	23,6	23,2	22,2	MAX	26,1	24,5	24,6	22,9	22,7	24,8	25,1
MIN	17,4	16,3	17,0	14,7	17,4	19,3	17,3	MIN	20,1	18,6	18,6	16,9	16,9	17,7	19,4
Mittelwert	19,531	19,401	18,916	19,667	20,046	21,095	20,68	Mittelwert	22,463	21,929	21,349	21,068	20,418	21,19	22,172
STABW	1,1713	1,5739	1,4882	2,1284	1,5795	1,1184	1,2813	STABW	1,6021	1,4973	1,8326	1,9152	1,5886	2,048	1,6905
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	5,6	3,2	8,9	9,1	9,1	6,7	8,2	0	5,9	7,9	6,9	9,5	9,6	6,3	4,1
1	7,8	8,1	8,4	11,9	8,6	7,2	9,2	1	4,3	4,4	6,6	6,2	9,1	6,5	5,8
2	7,0	6,8	9,5	8,7	7,4	5,1	5,7	2	3,8	4,5	6,8	7,2	6,8	3,6	5,9
3	8,2	6,7	8,5	8,1	6,5	4,5	5,0	3	5,1	3,9	7,9	4,4	6,8	4,7	7,1
4	7,4	8,4	8,4	7,3	5,2	5,2	6,2	4	5,1	5,9	6,7	6,0	6,0	2,3	3,6
5	7,3	6,1	8,0	8,6	8,0	6,1	6,2	5	6,4	2,8	4,8	5,4	5,1	1,7	4,1
6	6,1	7,6	7,6	7,3	8,4	6,3	5,2	6	6,1	3,8	5,9	3,6	4,7	7,2	1,4
7	6,2	6,7	7,1	5,8	6,8	5,5	6,4	7	2,9	4,8	4,1	4,3	5,9	7,5	3,6
8	5,9	5,5	5,6	5,6	5,8	4,9	5,5	8	5,0	4,5	1,9	4,0	4,3	8,8	4,6
9	6,3	7,7	5,2	5,5	5,7	4,4	4,9	9	2,9	5,8	4,5	4,3	6,2	7,4	6,0
10	6,3	6,9	8,5	4,3	5,9	6,5	5,7	10	2,8	3,4	3,6	4,7	5,8	6,7	4,9
11	6,9	6,3	6,5	6,2	6,3	5,4	5,5	11	3,9	2,1	3,4	3,8	6,6	5,3	6,7
12	5,0	6,6	5,5	6,2	4,8	5,8	5,0	12	2,1	6,1	3,4	3,6	4,4	5,4	2,4
13	8,8	8,1	5,5	5,0	5,8	3,4	5,3	13	0,4	6,1	3,3	4,4	3,8	4,1	1,7
14	7,9	8,9	8,9	3,1	6,3	3,3	4,8	14	3,1	3,0	4,7	6,0	5,5	3,0	3,2
15	9,1	10,2	9,4	6,8	2,9	6,2	4,3	15	4,9	4,4	7,9	9,7	6,8	4,4	4,0
Summe	111,5	113,6	121,4	109,3	103,3	86,5	93,1	Summe	64,6	73,1	82,4	86,9	97,3	85,0	69,3
MAX	9,1	10,2	9,5	11,9	9,1	7,2	9,2	MAX	6,4	7,9	7,9	9,7	9,6	8,8	7,1
MIN	5,0	3,2	5,2	3,1	2,9	3,3	4,3	MIN	0,4	2,1	1,9	3,6	3,8	1,7	1,4
Mittelwert	6,9688	7,0994	7,5844	6,8331	6,4544	5,405	5,82	Mittelwert	4,0369	4,5706	5,1506	5,4325	6,0825	5,31	4,3281
STABW	1,1713	1,5739	1,4882	2,1284	1,5795	1,1184	1,2813	STABW	1,6021	1,4973	1,8326	1,9152	1,5886	2,048	1,6905

Tabelle A 45



# Materialabtrag von den Korallenskelettplatten

3,5 Jahre exponiert

Eichung 55mm

20m vertikal Süden Platte A								20m vertikal Süden Platte B							
Rohdaten								Rohdaten							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	33,2	36,7	38,5	38,1	36,6	33,8	32,0	0	34,9	32,8	39,3	41,9	36,5	35,5	30,6
1	29,9	36,6	37,8	37,8	37,5	34,2	31,2	1	35,5	31,2	36,7	39,1	34,1	33,1	29,8
2	30,3	32,9	35,2	36,9	35,8	31,7	30,8	2	33,8	34,2	35,9	36,9	33,0	33,3	32,3
3	32,2	33,4	32,7	33,9	36,3	31,8	31,8	3	33,3	35,2	34,0	35,7	33,3	35,1	34,0
4	30,5	33,0	32,8	32,6	32,4	31,0	30,7	4	32,5	34,0	37,1	34,0	32,2	33,4	32,0
5	30,5	32,3	32,4	32,9	32,1	31,7	29,3	5	32,2	32,5	34,4	35,4	31,2	32,6	32,0
6	30,5	32,6	32,4	31,5	33,8	31,0	29,6	6	32,4	33,4	35,1	36,7	33,8	31,6	30,4
7	31,8	35,0	30,0	30,4	33,6	33,5	30,0	7	31,6	31,4	33,7	37,6	35,7	32,7	30,7
8	32,7	33,6	30,3	29,5	33,9	32,2	29,0	8	31,0	31,4	33,7	35,9	36,1	32,0	26,4
9	33,5	31,8	30,5	30,0	32,5	31,4	30,0	9	31,1	33,2	34,3	36,1	34,3	33,5	25,5
10	34,9	32,8	32,1	31,0	33,2	31,9	28,8	10	31,3	32,5	32,0	32,7	33,0	31,5	28,0
11	34,1	32,9	32,4	30,1	33,6	30,7	30,9	11	30,8	33,9	32,1	33,8	32,2	32,3	30,3
12	34,8	32,9	31,6	30,9	34,8	32,5	30,5	12	31,1	32,5	33,3	33,0	34,0	32,0	31,3
13	35,3	32,9	32,9	33,5	33,6	31,5	29,0	13	30,0	33,1	36,6	36,0	35,9	33,6	30,4
14	34,5	32,9	32,8	39,1	35,1	33,6	29,5	14	30,3	34,2	41,3	34,9	32,6	34,4	27,8
15	31,9	33,5	34,1	41,5	35,2	32,0	29,8	15	30,5	36,4	39,8	33,9	34,7	33,8	30,2
Summe	520,7	535,9	528,5	539,7	550,0	514,5	482,7	Summe	512,3	531,8	569,1	573,8	542,5	530,1	481,7
MAX	35,3	36,7	38,5	41,5	37,5	34,2	32,0	MAX	35,5	36,4	41,3	41,9	36,5	35,5	34,0
MIN	29,9	31,8	30,0	29,5	32,1	30,7	28,8	MIN	30,0	31,2	32,0	32,7	31,2	31,5	25,5
Mittelwert	32,544	33,493	33,033	33,728	34,374	32,158	30,167	Mittelwert	32,017	33,236	35,569	35,861	33,904	33,131	30,105
STABW	1,8441	1,4129	2,3905	3,7689	1,5863	1,0761	0,974	STABW	1,6196	1,4025	2,7352	2,3542	1,5511	1,1798	2,2308
Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie								Verbleibende Plattendicke zur ursp. 0-Linie							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	21,8	18,3	16,5	17,0	18,5	21,2	23,0	0	20,1	22,2	15,7	13,1	18,6	19,5	24,4
1	25,1	18,4	17,2	17,2	17,5	20,8	23,9	1	19,6	23,8	18,3	15,9	20,9	21,9	25,2
2	24,7	22,1	19,8	18,1	19,2	23,3	24,2	2	21,3	20,8	19,1	18,1	22,1	21,8	22,7
3	22,8	21,6	22,3	21,2	18,8	23,2	23,2	3	21,7	19,8	21,0	19,3	21,7	19,9	21,0
4	24,5	22,0	22,2	22,4	22,6	24,0	24,3	4	22,5	21,0	17,9	21,0	22,8	21,6	23,0
5	24,5	22,7	22,6	22,1	22,9	23,3	25,7	5	22,8	22,5	20,6	19,6	23,8	22,4	23,0
6	24,5	22,4	22,6	23,5	21,2	24,0	25,4	6	22,6	21,6	19,9	18,3	21,3	23,5	24,6
7	23,2	20,0	25,0	24,7	21,4	21,5	25,0	7	23,4	23,6	21,3	17,4	19,3	22,3	24,3
8	22,3	21,4	24,7	25,5	21,1	22,8	26,0	8	24,0	23,7	21,3	19,1	18,9	23,1	28,6
9	21,5	23,2	24,5	25,0	22,5	23,6	25,1	9	23,9	21,8	20,7	18,9	20,7	21,6	29,5
10	20,1	22,2	22,9	24,0	21,8	23,1	26,2	10	23,7	22,5	23,0	22,3	22,0	23,5	27,1
11	20,9	22,1	22,6	24,9	21,4	24,3	24,1	11	24,2	21,1	22,9	21,2	22,8	22,7	24,7
12	20,2	22,1	23,4	24,1	20,3	22,5	24,5	12	24,0	22,6	21,7	22,0	21,0	23,0	23,7
13	19,7	22,1	22,2	21,5	21,4	23,5	26,0	13	25,0	21,9	18,4	19,0	19,1	21,4	24,6
14	20,5	22,1	22,2	15,9	19,9	21,4	25,5	14	24,7	20,9	13,7	20,1	22,4	20,6	27,2
15	23,1	21,5	20,9	13,5	19,8	23,0	25,2	15	24,5	18,6	15,2	21,1	20,3	21,2	24,8
Summe	359,3	344,1	351,5	340,4	330,0	365,5	397,3	Summe	367,7	348,2	310,9	306,2	337,5	349,9	398,3
MAX	25,1	23,2	25,0	25,5	22,9	24,3	26,2	MAX	25,0	23,8	23,0	22,3	23,8	23,5	29,5
MIN	19,7	18,3	16,5	13,5	17,5	20,8	23,0	MIN	19,6	18,6	13,7	13,1	18,6	19,5	21,0
Mittelwert	22,456	21,507	21,968	21,272	20,626	22,843	24,833	Mittelwert	22,983	21,764	19,431	19,139	21,096	21,869	24,895
STABW	1,8441	1,4129	2,3905	3,7689	1,5863	1,0761	0,974	STABW	1,6196	1,4025	2,7352	2,3542	1,5511	1,1798	2,2308
Erosion [mm]								Erosion [mm]							
Reihe (Abstand zur Kante)								Reihe (Abstand zur Kante)							
Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30	Messpunkt	1	5	10	15	20	25	30
0	4,7	8,2	10,0	9,6	8,1	5,3	3,5	0	6,4	4,3	10,8	13,4	8,0	7,0	2,1
1	1,4	8,1	9,3	9,3	9,0	5,7	2,7	1	7,0	2,7	8,2	10,6	5,6	4,6	1,3
2	1,8	4,4	6,7	8,4	7,3	3,2	2,3	2	5,3	5,7	7,4	8,4	4,5	4,8	3,8
3	3,7	4,9	4,2	5,4	7,8	3,3	3,3	3	4,8	6,7	5,5	7,2	4,8	6,6	5,5
4	2,0	4,5	4,3	4,1	3,9	2,5	2,2	4	4,0	5,5	8,6	5,5	3,7	4,9	3,5
5	2,0	3,8	3,9	4,4	3,6	3,2	0,8	5	3,7	4,0	5,9	6,9	2,7	4,1	3,5
6	2,0	4,1	3,9	3,0	5,3	2,5	1,1	6	3,9	4,9	6,6	8,2	5,3	3,1	1,9
7	3,3	6,5	1,5	1,9	5,1	5,0	1,5	7	3,1	2,9	5,2	9,1	7,2	4,2	2,2
8	4,2	5,1	1,8	1,0	5,4	3,7	0,5	8	2,5	2,9	5,2	7,4	7,6	3,5	-2,1
9	5,0	3,3	2,0	1,5	4,0	2,9	1,5	9	2,6	4,7	5,8	7,6	5,8	5,0	-3,0
10	6,4	4,3	3,6	2,5	4,7	3,4	0,3	10	2,8	4,0	3,5	4,2	4,5	3,0	-0,6
11	5,6	4,4	3,9	1,6	5,1	2,2	2,4	11	2,3	5,4	3,6	5,3	3,7	3,8	1,8
12	6,3	4,4	3,1	2,4	6,3	4,0	2,0	12	2,6	4,0	4,8	4,5	5,5	3,5	2,8
13	6,8	4,4	4,4	5,0	5,1	3,0	0,5	13	1,5	4,6	8,1	7,5	7,4	5,1	1,9
14	6,0	4,4	4,3	10,6	6,6	5,1	1,0	14	1,8	5,7	12,8	6,4	4,1	5,9	-0,7
15	3,4	5,0	5,6	13,0	6,7	3,5	1,3	15	2,0	7,9	11,3	5,4	6,2	5,3	1,7
Summe	64,7	79,9	72,5	83,7	94,0	58,5	26,7	Summe	56,3	75,8	113,1	117,8	86,5	74,1	25,7
MAX	6,8	8,2	10,0	13,0	9,0	5,7	3,5	MAX	7,0	7,9	12,8	13,4	8,0	7,0	5,5
MIN	1,4	3,3	1,5	1,0	3,6	2,2	0,3	MIN	1,5	2,7	3,5	4,2	2,7	3,0	-3,0
Mittelwert	4,0438	4,9931	4,5325	5,2281	5,8744	3,6575	1,6669	Mittelwert	3,5169	4,7363	7,0688	7,3613	5,4038	4,6313	1,605
STABW	1,8441	1,4129	2,3905	3,7689	1,5863	1,0761	0,974	STABW	1,6196	1,4025	2,7352	2,3542	1,5511	1,1798	2,2308

Tabelle A 46

## **Curriculum Vitae von Peter van Treeck**

Adresse: Steilestraße 34, 45149 Essen  
Geboren: 26.06.1963 in Essen  
Eltern: Maria Katharina van Treeck, geb. Schlechter  
Johannes Heinrich van Treeck  
Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

### **Schulischer Werdegang:**

1969- 73        Grundschule an der Waldlehne  
1973- 82        Gymnasium Essen Nord Ost  
1982            Abitur

### **Beruflicher Werdegang:**

1982            Beginn des Hochschulstudiums für das Lehramt der Sekundarstufen I und II für die Fächer Biologie, Chemie und Kunst.  
Studienschwerpunkte: Ökologie, Hydrobiologie.

1983            Meeresbiologisches Großpraktikum / Station du Recherché Soumarine et Oceanographic Calvi/Corsica.  
Betreuung diverser Praktika als studentische Hilfskraft (Botanik, Limnologie, Ökologie).  
Gerätetauchschein CMAS \*\*, Führerschein Segel- Motoryachten.  
Technische Mitarbeit im Projekt Symarc III Calvi/ Korsika (elektrochemische Mineralakkretion).

1988- 89        Staatsexamensarbeit: "Wiederbesiedlung der Bachsohle durch Makroinvertebraten"

1989- 90        Logistische Betreuung der Jahrestagung der DGL in Essen sowie des Symposiums "Urbane Gewässer".

1990            Freier Mitarbeiter bei ökologischen Planungsbüros (Böhling & Große, Kleve; Darschnik & Partner, Bochum) sowie freie Mitarbeit im Rahmen der Internationalen Bauausstellung IBA Emscherpark.

                  VAN TREECK P & RENNERICH J (1990) Vergleichende Untersuchung zum Einfluß von Strömung und Substratstruktur auf die Wiederbesiedlung der Bachsohle durch Makroinvertebraten. Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung DGL 1990, ESSEN 468 - 472

29.10.1991     Abschluss 1. Staatsexamen

1991            wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Ökologie, Universität Essen, Logistische Betreuung der Sudan Expedition (Sanganeb 2).

1992            Aufnahme des Aufbaustudienganges Diplomökologie.  
Mitarbeit bei Freiwasserkartierungen von Riffgemeinschaften des Roten Meeres bei Aqaba/Jordanien, Einarbeitung in den Themenkomplex "Künstliche Riffe", Beginn der Arbeiten zur Promotion.  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im DFG SPP "Biogene Sedimentation – Riffrevolution", Bearbeitung des Teilprojektes "Ansiedlungsbedingungen von Riffkorallen und ihre Post- Settlement- Dynamik". Akz.: DFG Schu 75/17-1 bis 3, mehrmonatige Aufenthalte im vorderen Orient.

- 1993           Regelmäßige Feldaufenthalte im Nahen Osten, vorwiegend Jordanien, Israel und Ägypten.(insgesamt ca. 6 Monate).  
Teilnahme 1st European ISRS Symposium in Wien.
- 1994           Feldaufenthalte bei Aqaba (ca. 6 Monate).  
Photo- Kartierung temporärer Transecte in Israel und Jordanien.  
Teilnahme 2nd European ISRS Symposium in Luxemburg.
- 1995           Feldaufenthalt Aqaba (ca. 6 Monate).  
DFG SPP Symposium Marburg, Presentation erster Ergebnisse zur Bioerosion von Riffrsubstraten.  
Teilnahme 3rd European ISRS Symposium in Newcastle upon Tyne, Vortrag: VAN TREECK & SCHUHMACHER H (1995) In situ formation of semi-artificial framework may accelerate reef rehabilitation. Vortrag European ISRS Meeting Newcastle (Abstract)  
Vortrag: REINICKE G B & VAN TREECK P (1995) Conceptual approach to functional classification of coral reef communities - options for comparison and assessment (Abstract)  
Gerätetauchschein CMAS\*\*\*
- 1996           Beendigung der Feldarbeiten bei Aqaba.  
  
VAN TREECK P, SCHUHMACHER H & PASTER M (1996) Grazing and bioerosion by herbivorous fishes - Key processes structuring coral reef communities. In Reitner J, Neuweiler F, Gunkel F (Eds.) Göttinger Arb Geol Paläont Sb2 :133-137
- 1997           Bearbeitung des Probenmaterials aus Aqaba.  
  
VAN TREECK P & SCHUHMACHER H (1997) Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology. Mar Ecol Prog Ser 150: 287-292  
  
Entwicklung des SCORE Konzeptes, Vorstellung des Konzeptes auf der BOOT 97 im Rahmen der Aktivitäten zum International Year of the Reef.  
International Conference on the Biology of Coastal Environments (Bahrain), Vortrag.  
Promotionsbeendigungsstipendium der Universität Essen.
- 1998           Auswertung der Daten zur Promotion.  
International Workshop on the Rehabilitation of Degraded Coastal Systems (Phuket /Thailand), Vortrag.  
Konzeption und Vorbereitung des Drittmittelprojektes CONTRAST (Verantwortlicher Projekt Koordinator).  
Patenteinreichung eines Unterwasseranschlusses für die elektrochemische Mineralakkretion.  
  
VAN TREECK P & SCHUHMACHER H (1998) Mass diving tourism - a new dimension calls for new management approaches. Mar Poll Bull 37:499-504  
  
SCHUHMACHER H & VAN TREECK P (1998) Ist der Niedergang der Korallenriffe aufzuhalten? Spectrum der Wissenschaften Spezial 1: 76-81

- Lizens Mischgastauchen (Nitrox Diver I), Umweltreferent und Instructor für Marine Biologie and Limnologie des VDST.
- 1999 Durchführung des CONTRAST Projektes, diverse Forschungsaufenthalte in Ägypten.
- VAN TREECK P & SCHUHMACHER H (1999) Artificial reefs created by electrolysis and coral transplantation- an approach ensuring the compatibility of environmental protection and diving tourism. Estuarine, coastal and shelf science 49:75-81
- SCHUHMACHER H & VAN TREECK P (1999) Enhanced formation of protoreefs by accretion technology and coral transplantation – Stepping stones in degraded reefs. International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring and Restoration, Fort Lauderdale (Poster, Abstract)
- 2000 Fortführung der Forschungstätigkeiten in Ägypten, diverse Forschungsaufenthalte.
- Konzeption und Antragstellung zum EU- Forschungsprojekt NOMATEC. Bewilligung im Rahmen einer Leitaktion zum 5. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission.
- SCHUHMACHER H, VAN TREECK P, EISINGER M & PASTER M (in press) Transplantation of coral fragments from ship groundings on electrochemically formed reef structures. Proc 9th Int Coral Reef Symp, Bali 2000.
- 2001 Seit Februar 2001 verantwortlicher Projektkoordinator des EU-Forschungsprojektes NOMATEC.

Essen, im August 2001